

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



“ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA
SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECCOCHA, DISTRITO DE
VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2020”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO

PRESENTADO POR:

Br. JEFFERSON CHARA HOLGUIN.

Br. YOZMAN EDISON SONCCO MAMANI.

ASESOR:

Dr. CARLOS BARRIENTOS GUZMAN

2022



1 Contenido

1.1.	INTRODUCCION.....	20
1.2.	UBICACIÓN	23
1.2.1.	UBICACIÓN POLITICA.....	23
1.2.2.	UBICACIÓN GEOGRAFICA	23
1.2.3.	UBICACIÓN HIDROGRAFICA.....	23
1.2.4.	LIMITES POLITICOS	23
1.2.5.	LIMITES HIDROGRAFICOS	24
1.3.	ACCESIBILIDAD.....	24
1.4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.4.1.	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	26
1.4.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
1.5.	VARIABLES DE INVESTIGACION	27
1.5.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	28
1.5.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.....	28
1.6.	OBJETIVOS DE ESTUDIO	29
1.6.1.	OBJETIVO GENERAL	29
1.6.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
1.7.	HIPOTESIS	29
1.7.1.	HIPOTESIS GENERAL.....	29
1.7.2.	HIPOTESIS ESPECIFICAS	29
1.8.	JUSTIFICACION	30
1.9.	METODOLOGIA	31
1.9.1.	METODO DE INVESTIGACION.....	31
1.9.2.	TIPO DE INVESTIGACION.....	31
1.9.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	31
1.10.	MARCO TEORICO	32
1.10.1.	GEOMORFOLOGIA	32
1.10.2.	GEOLOGIA.....	33
1.10.3.	HIDROLOGIA	34
1.10.4.	GEOTECNIA.....	36
1.10.5.	GEOFISICA.....	43
1.10.6.	SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD	49
1.11.	MARCO CONCEPTUAL.....	49
1.12.	MARCO REFERENCIAL.....	52
1.13.	FASES DEL TRABAJO	53



1.14.	EQUIPOS Y MATERIALES.....	55
2.	CAPITULO II -GEOMORFOLOGIA	57
2.1.	GENERALIDADES	57
2.2.	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES	57
2.2.1.	ALTIPLANICIES.....	57
2.2.2.	VALLES.....	57
2.2.3.	MONTAÑAS.....	57
2.2.4.	LOMADAS.....	58
2.3.	GEOMORFOLOGIA LOCAL	60
2.3.1.	PENDIENTES.....	60
2.3.2.	TOPOGRAFIA	64
2.4.	CLIMA Y VEGETACION	64
2.4.1.	CLIMA	64
2.4.2.	VEGETACION	65
2.4.3.	ZONAS DE VIDA.....	65
2.5.	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES	67
2.6.	DESCRIPCION DE ALGUNAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES	71
3.	CAPITULO III – LITOESTRATIGRAFIA.....	74
3.1.	GENERALIDADES	74
3.2.	LITOLOGIA	75
3.3.	ESTRATIGRAFIA.....	75
3.4.	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS REGIONALES	78
3.4.1.	ARENISCAS, FORMACION MURCO (Kis-mu).....	78
3.4.2.	CALIZAS, FORMACION ARCURQUINA (Ki-Ar).....	78
3.4.3.	GRUPO TACAZA	79
3.4.4.	GRUPO BARROSO (NQ).....	79
	VOLCANICOS, FORMACION HUAYCHA (N-hu)	79
3.4.5.	CUERPOS PLUTONICOS	80
	DIORITA/GRANODIORITA(Kp-d/gd)	80
3.4.6.	DEPOSITOS GLACIOFLUVIALES(Qpl-glf)	81
3.4.7.	DEPOSITOS ALUVIALES(Qr-al)	81
3.5.	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS LOCALES.....	83
3.5.1.	GRUPO BARROSO (NQ).....	83
3.5.2.	FORMACION HUAYCHA (N-hu).....	83
3.5.3.	FORMACION CASANUMA (N-ca).....	86
3.6.	DEPOSITOS CUATERNARIOS.....	89
3.6.1.	DEPOSITOS MORRENICOS (Qpl-mo)	89
3.6.2.	DEPOSITOS COLUVIALES (Qr-co).....	90



3.6.3.	DEPOSITOS FLUVIALES (Qr-fl)	91
4.	CAPITULO IV – GEOLOGIA ESTRUCTURAL	94
4.1.	GENERALIDADES	94
4.2.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL	94
4.2.1.	FASES TECTONICAS RECONOCIDAS EN LA DEFORMACION ANDINA	95
4.1.1.	OLIGOCENO	95
4.1.2.	DEPÓSITOS CUATERNARIOS-NO VOLCANICOS	98
4.1.3.	SISTEMA DE PLEGAMIENTO	98
4.1.4.	SISTEMA DE FALLAMIENTO.....	98
4.2.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.....	99
4.2.1.	PRINCIPALES ESTRUCTURAS DEL AREA DEL PROYECTO	99
4.3.	FALLAS.....	99
4.4.	LINEAMIENTOS ESTRUTURALES	101
5.	CAPITULO V - GEODINAMICA.....	105
5.1.	GENERALIDADES	105
5.2.	GEODINAMICA INTERNA.....	105
5.3.	GEODINAMICA EXTERNA.....	111
5.3.1.	CAIDA DE ROCAS.....	111
5.3.2.	DESLIZAMIENTOS	112
5.3.3.	FLUJO DE DETRITOS	113
6.	CAPITULO VI – HIDROLOGIA.....	117
6.1.	GENERALIDADES	117
6.2.	PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA 4999868	117
6.3.	PARAMETROS DE FORMA.....	119
6.4.	PARAMETROS RELATIVOS DE RELIEVE	119
6.5.	PARAMETROS RELATIVOS DE PERFIL	123
6.6.	PARAMETROS RELATIVOS DE DRENAJE	124
6.7.	PARAMETROS HIDROMETEOROLOGICOS DE LA CUENCA 4999868.....	125
6.8.	ANALISIS, INTERPRETACION Y EVALUACION DE LOS DATOS METEOROLOGICOS 125	
6.8.1.	INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA	125
6.8.2.	ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES.....	126
6.8.3.	COMPLETADO Y EXTENSIÓN DE DATOS.	127
6.9.	REGIONALIZACION DE PARAMETROS CLIMATICOS	127
6.9.1.	REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.....	127
6.9.2.	REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	130
6.9.3.	REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA MENSUAL	132
6.9.4.	REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA MENSUAL.....	133



6.9.5.	REGIONALIZACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL.....	134
6.9.6.	REGIONALIZACIÓN DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL.....	135
6.10.	CLASIFICACION DE ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE.....	139
6.10.1.	ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE.....	139
6.11.	ESTIMACION DE CAUDALES EXTREMOS.....	140
6.11.1.	MODELOS DE DISTRIBUCION.....	143
6.11.2.	PRECIPITACION EXTREMA Y PERIODOS DE RETORNO.....	145
6.11.3.	CURVAS IDF (CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA).....	147
6.11.4.	TIEMPO DE CONCENTRACION.....	151
6.11.5.	MAXIMAS AVENIDAS – CAUDALES EXTREMOS.....	152
6.11.6.	CAPACIDAD DE EMBALSE DE LA PRESA.....	155
6.11.7.	OFERTA HIDRICA.....	158
6.11.8.	CAUDAL ECOLOGICO.....	162
6.11.9.	DEMANDA HIDRICA.....	163
6.11.10.	BALANCE HIDRICO.....	165
7.	CAPITULO VII – GEOTECNIA.....	168
7.1.	GENERALIDADES.....	168
7.2.	PROSPECCION GEOTECNICA INDIRECTA.....	168
7.2.1.	INSTRUMENTACION PARA EL ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES (MASW).....	168
7.2.2.	INSTRUMENTACION PARA EL ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES (MASW).....	169
7.2.3.	PROSPECCION MEDIANTE MASW.....	170
7.2.4.	PROSPECCION MEDIANTE REFRACCION SISMICA.....	171
7.2.5.	PERFILES Y SECCIONES SISMICAS.....	175
7.2.6.	PROSPECCION MEDIANTE SONDEO ELECTRICO VERTICAL (SEV).....	180
7.3.	PROSPECCION GEOTECNICA DIRECTA.....	184
7.3.1.	PROSPECCION MEDIANTE PERFORACIONES DIAMANTINAS.....	184
7.3.2.	PROSPECCION MEDIANTE CALICATAS.....	191
7.3.3.	PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL EJE DE PRESA.....	198
7.3.4.	CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DEL SUELOS.....	201
7.3.5.	CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE ROCAS.....	201
7.4.	CONDICIONES GEOTECNICAS PARA CIMENTACION DE LA PRESA.....	210
7.4.1.	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO.....	210
7.4.2.	SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA.....	212
7.4.3.	TIPO DE CIMENTACION.....	214
7.4.4.	PROCEDIMIENTO PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA PRESA.....	215
7.4.5.	DIMENSIONES DE LA PRESA:.....	221



7.5.	CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES.....	223
7.5.1.	PERMEABILIDAD	223
7.5.2.	POROSIDAD	226
7.5.3.	NIVEL FREATICO	226
7.5.4.	FLUJO DE AGUA	226
7.6.	CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA PRESA	228
7.7.	OBRAS HIDRAULICAS	230
8.	CAPITULO VIII – CANTERAS	232
8.1.	GENERALIDADES	232
8.2.	CANTERAS DE ROCA	232
8.2.1.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	232
8.2.2.	CALIDAD Y CANTIDAD	238
8.2.3.	PERIODO Y MODO DE EXPLOTACION	238
8.2.4.	SITUACION LEGAL	238
8.2.5.	PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS Y MECANICAS.....	238
8.3.	CANTERAS DE AGREGADOS	242
8.3.1.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	242
8.3.2.	CALIDAD Y CANTIDAD.....	243
8.3.3.	PERIODO Y MODO DE EXPLOTACION.	243
8.3.4.	SITUACION LEGAL.	244
8.3.5.	PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS	244
8.4.	CANTERAS DE SUELOS	245
8.4.1.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	246
8.4.2.	CALIDAD Y CANTIDAD.....	247
8.4.3.	PERIODO Y MODO DE EXPLOTACION.	247
8.4.4.	SITUACION LEGAL.	247
8.4.5.	PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS Y MECANICAS.....	247
8.5.	FUENTES DE AGUA PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	248
8.5.1.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	248
8.5.2.	CALIDAD Y CANTIDAD.....	249
8.5.3.	PERIODO Y MODO DE EXTRACCION.....	250
8.5.4.	SITUACION LEGAL.	250
8.5.5.	PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS Y MECANICAS.....	250
9.	CAPITULO IX – ESTANQUEIDAD Y SEGURIDAD DE LAS PRESAS	252
9.1.	GENERALIDADES	252
9.2.	SEGURIDAD DE LA PRESA	252
9.2.1.	EVALUACION DE ESTABILIDAD DEL CUERPO DE PRESA	252
9.3.	SEGURIDAD DEL CUERPO DE LA PRESA	275



9.3.1.	FALLO HIDRAULICO (TUBIFICACION O PIPING).....	275
9.4.	SEGURIDAD DEL SUELO DE FUNDACION DE LA PRESA.....	276
9.4.1.	FALLO HIDRAULICO (TUBIFICACION O PIPING).....	276
9.4.2.	ANALISIS DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS ELASTICOS.....	282
9.4.3.	ANALISIS DEL EMPUJE HIDROSTATICO	285
9.5.	ESTANQUEIDAD.....	290
9.5.1.	ESTANQUEIDAD EN EL VASO	290
9.5.2.	ESTANQUEIDAD EN EL EJE DE PRESA	295
10.	CAPITULO X – EVALUACION DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE	299
10.1.	BASE LEGAL	299
10.2.	EVALUACION DEL RIESGO DE LA PRESA	299
10.3.	MEDIO AMBIENTE	301
10.3.1.	IDENTIFICACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	301
10.3.2.	DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	304
10.3.3.	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	310
11.	CONCLUSIONES	312
12.	RECOMENDACIONES.....	314
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	315
14.	ANEXOS.....	318



LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1 Ruta de acceso 01.</i>	24
<i>Cuadro 2 Ruta de acceso 02.</i>	25
<i>Cuadro 3 Ruta de acceso 03.</i>	25
<i>Cuadro 4 Parámetros de clasificación RMR y sus valores.</i>	37
<i>Cuadro 5 Sistema unificado de clasificación de suelo.</i>	39
<i>Cuadro 6 Tipos de muestra y transporte.</i>	41
<i>Cuadro 7 Rango de valores de permeabilidad</i>	43
<i>Cuadro 8 Leyenda del cuadrángulo de Vellille 30-S</i>	76
<i>Cuadro 9 Descripción macroscópica 01.</i>	84
<i>Cuadro 10 Descripción macroscópica 02.</i>	85
<i>Cuadro 11 Descripción macroscópica 03.</i>	85
<i>Cuadro 12 Descripción macroscópica 04.</i>	87
<i>Cuadro 13 Descripción macroscópica 05.</i>	88
<i>Cuadro 14 Descripción macroscópica 06.</i>	88
<i>Cuadro 15 Parámetros de forma de la cuenca 4999868</i>	119
<i>Cuadro 16 Parámetros relativos de drenaje para la cuenca 4999868 Querquecocha.</i>	124
<i>Cuadro 17 Descripción de la exploración del sondaje diamantino P – 01</i>	186
<i>Cuadro 18 Descripción de la exploración del sondaje diamantino P – 02</i>	187
<i>Cuadro 19 Descripción de la exploración del sondaje diamantino P – 03</i>	188
<i>Cuadro 20 Descripción de la exploración de la calicata C – 01</i>	194
<i>Cuadro 21 Descripción de la exploración de la calicata C – 02</i>	195
<i>Cuadro 22 Descripción de la exploración de la calicata C – 03</i>	196
<i>Cuadro 23 Descripción de la exploración de la calicata C – 04</i>	197
<i>Cuadro 24 Descripción de la exploración de la calicata C – 05</i>	198
<i>Cuadro 25 Propiedades físicas del suelo con su clasificación según S.U.C.S.</i>	201
<i>Cuadro 26 Ensayo de carga puntual 1</i>	202
<i>Cuadro 27 Valoración del macizo rocoso 01</i>	204
<i>Cuadro 28 Ensayo de carga puntual 2</i>	207
<i>Cuadro 29 Valoración del macizo rocoso 02.</i>	209
<i>Cuadro 30 de las condiciones de cimentación.</i>	211
<i>Cuadro 31 Resumen de las condiciones de cimentación, en suelos.</i>	212
<i>Cuadro 32 Resumen de las condiciones de cimentación, en rocas.</i>	212
<i>Cuadro 33 Datos de campo para la determinación de la permeabilidad en el Pozo 02.</i>	225
<i>Cuadro 34 Datos del sondeo.</i>	225
<i>Cuadro 35 Resultados del cálculo del flujo de agua subterránea.</i>	226
<i>Cuadro 36 Procedimiento de la determinación del flujo de infiltración</i>	228
<i>Cuadro 37 descripción de rocas ígneas.</i>	233
<i>Cuadro 38 Clasificación del macizo rocoso.</i>	234
<i>Cuadro 39 Resultado de ensayos de agregado grueso</i>	244
<i>Cuadro 40 Resultado de ensayos de agregado grueso</i>	245
<i>Cuadro 41 Resultado de ensayos de agregado fino.</i>	245
<i>Cuadro 42 Resultado de ensayos de agregado fino.</i>	245
<i>Cuadro 43 Resultado de parámetros para la cantera de suelo.</i>	248



<i>Cuadro 44 Resultado de parámetros de fuente de agua.</i>	250
<i>Cuadro 45 Resultado de parámetros de fuente de agua</i>	250
<i>Cuadro 46 Valores de asentamientos según el Df</i>	282
<i>Cuadro 47 Flujo de infiltración</i>	296
<i>Cuadro 48 Resumen de las exploraciones diamantinas</i>	297
<i>Cuadro 49 Matriz de consistencia.</i>	319
<i>Cuadro 50 Cronograma de desarrollo de actividades.</i>	319
<i>Cuadro 51 Regionalización de la precipitación media de la cuenca Querquecocha.</i>	320
<i>Cuadro 52 Precipitación media de la cuenca Querquecocha.</i>	328
<i>Cuadro 53 Análisis de datos dudosos del registro de precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Yauri.</i>	329
<i>Cuadro 54 Ecuación de intensidad máxima para la cuenca Querquecocha.</i>	330
<i>Cuadro 55 y Cuadro 56 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.</i>	331
<i>Cuadro 57 y Cuadro 58 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.</i>	331
<i>Cuadro 59 y Cuadro 60 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.</i>	332
<i>Cuadro 61 y Cuadro 62 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.</i>	332
<i>Cuadro 63 y Cuadro 64 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.</i>	333
<i>Cuadro 65 y Cuadro 66 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.</i>	333
<i>Cuadro 67 Especificaciones técnicas de la maquina perforadora</i>	334
<i>Cuadro 68 Modelos empíricos de estimación de caudales máximos para la cuenca Querquecocha.</i>	335
<i>Cuadro 69 Ensayos de corte directo</i>	336
<i>Cuadro 70 Valores de esfuerzos cortantes y normales para la carga aplicada para la muestra 02.</i>	337
<i>Cuadro 71 Valores de esfuerzos cortantes y normales para la carga aplicada para la muestra 03.</i>	338



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Rutas de accesibilidad a la zona de estudio.</i>	25
<i>Figura 2 Perfil longitudinal de valles.</i>	33
<i>Figura 3 Limites de consistencia</i>	40
<i>Figura 4 Esquema de perforación diamantina.</i>	42
<i>Figura 5 Esquema del principio del Ensayo de MASW.</i>	44
<i>Figura 6 Esquema del principio del ensayo de refracción sísmica</i>	45
<i>Figura 7 Esquema de sondeo eléctrico vertical.</i>	48
<i>Figura 8 Geomorfología regional.</i>	58
<i>Figura 9 Unidades morfoestructurales.</i>	59
<i>Figura 10 Pendientes para el área de estudio.</i>	62
<i>Figura 11 Rango de pendientes para el área de estudio.</i>	62
<i>Figura 12 Pendientes de la unidad hidrográfica.</i>	63
<i>Figura 13 Tipos de clima</i>	64
<i>Figura 14 Tipos de vegetación.</i>	65
<i>Figura 15 Zonas de vida.</i>	66
<i>Figura 16 Subunidades de paisaje</i>	68
<i>Figura 17 Unidades geomorfológicas.</i>	70
<i>Figura 18 Columna estratigráfica de la región del Altiplano.</i>	77
<i>Figura 19 Mapa geológico regional de la zona de estudio.</i>	82
<i>Figura 20 Unidades litoestratigráficas locales</i>	93
<i>Figura 21 Dominios estructurales.</i>	95
<i>Figura 22 Paleogeografía del oligoceno.</i>	96
<i>Figura 23 Mapa del vulcanismo del Plio-cuaternario en el Perú.</i>	97
<i>Figura 24 Distribución transversal del vulcanismo Plio-cuaternario en el sur del Perú.</i>	97
<i>Figura 25 Sistema de fallas.</i>	99
<i>Figura 26 Fallas mapeadas para la zona de estudio.</i>	101
<i>Figura 27 Unidades estructurales locales en la zona de estudio</i>	102
<i>Figura 28 Sección geológica del valle de la unidad hidrográfica.</i>	103
<i>Figura 29 Mapa geológico estructural.</i>	104
<i>Figura 30 Zonas sísmicas en el Perú.</i>	106
<i>Figura 31 Mapa de ordenes espectrales del Perú.</i>	107
<i>Figura 32 Coeficientes sísmicos para presas</i>	108
<i>Figura 33 Mapa de intensidades sísmicas (Mercalli).</i>	109
<i>Figura 34 Mapa de zonificación de mayor concentración de sismos.</i>	110
<i>Figura 35 Mapa de geodinámica externa.</i>	115
<i>Figura 36 Fenómenos por geodinámica externa superpuesto con la capacidad de embalse</i>	116
<i>Figura 37 Unidades hidrigráficas de la cuenca 4999868.</i>	118
<i>Figura 38 Histograma de frecuencias altimétricas</i>	120
<i>Figura 39 Grafico de curva hipsométrica.</i>	122
<i>Figura 40 Pendiente media del rio para la cuenca 4999868.</i>	124
<i>Figura 41 Regresión logarítmica.</i>	128
<i>Figura 42 Comportamiento de la precipitación mensual en la cuenca 4999868 Querquecocha.</i>	130



Figura 43 Regresión lineal simple de la temperatura media mensual de las estaciones	131
Figura 44 Comportamiento de la temperatura media mensual de la cuenca 4999868 Querquecocha.....	131
Figura 45 Comportamiento de la temperatura máxima media mensual de la cuenca 4999868 Querquecocha.....	132
Figura 46 Comportamiento de la temperatura mínima media mensual de la cuenca 4999868 Querquecocha.....	133
Figura 47 Comportamiento de la temperatura media, máxima y mínima media mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.....	134
Figura 48 Regresión lineal simple de la humedad relativa media mensual de las estaciones	134
Figura 49 Comportamiento de humedad relativa media mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.....	135
Figura 50 Regresión lineal simple de la evaporación media mensual de las estaciones.....	136
Figura 51 Comportamiento de la evaporación media mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.....	136
Figura 52 correlación de la evaporación diaria y la temperatura máxima mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.....	137
Figura 53 correlación de la evaporación mensual y la temperatura máxima mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.....	138
Figura 54 Diagrama bioclimático de zonas de vida en el mundo de Holdridge	140
Figura 55 Análisis de datos dudosos de las precipitaciones máximas de la estación Yauri.	141
Figura 56 Distribución de densidades de probabilidad.	143
Figura 57 Precipitación de diseño - Periodo de retorno.....	146
Figura 58 Regresión potencial de los periodos de retorno.	149
Figura 59 Curvas IDF de la cuenca 4999868 Querquecocha.....	151
Figura 60 Modelamiento hidrológico en HEC-HMS de la cuenca 4999868 Quequecocha .	154
Figura 61 Hidrograma de la cuenca 4999868 Querquecocha.....	155
Figura 62 Capacidad de embalse de la presa.	157
Figura 63 Caudal pico de entrada y salida de un evento de máxima avenida.....	158
Figura 64 Comportamiento del caudal generado para la zona de estudio.	160
Figura 65 Comportamiento del caudal generado para la cuenca 4999868 Querquecocha al 75% de persistencia.....	161
Figura 66 Oferta hídrica de la cuenca 4999868 Querquecocha.....	162
Figura 67 Balance hídrico para la cuenca 4999868 Querquecocha.....	166
Figura 68 Exploración en campo del MASW.	171
Figura 69 Exploración en campo del LS.	172
Figura 70 Perfil del suelo en función de velocidad de onda Vs.	175
Figura 71 Perfil unidimensional de suelo.....	175
Figura 72 Perfil de refracción sísmica LS -01.....	176
Figura 73 Perfil del suelo en función de velocidad de onda Vs.	177
Figura 74 Perfil unidimensional de suelo.....	177
Figura 75 Perfil de refracción sísmica LS -02.....	178
Figura 76 Exploración en campo del SEV.....	180
Figura 77 Sección de georesistividades del SEV1 y SEV2.....	182



<i>Figura 78 Sección de georesistividades del SEV2 y SEV3.</i>	182
<i>Figura 79 Interpretación del SEV1 y SEV2.</i>	183
<i>Figura 80 Interpretación del SEV2 y SEV3.</i>	183
<i>Figura 81 Leyenda de la interpretación de los SEV.</i>	183
<i>Figura 82 Ubicación de perforaciones diamantinas.</i>	185
<i>Figura 83 Máquina perforadora.</i>	191
<i>Figura 84 Ubicaciones UTM y profundidades exploradas de las calicatas.</i>	192
<i>Figura 85 Prospección mediante calicatas manuales.</i>	193
<i>Figura 86 Sección estratigráfica del eje de presa</i>	200
<i>Figura 87 Ubicación de la ventana estructural 01</i>	202
<i>Figura 88 Ubicación de la ventana estructural 02.</i>	206
<i>figura 89 Determinación de la relación de talud, en función al tipo de presa y núcleo.</i>	218
<i>figura 90 Determinación de la relación de talud, en función al tipo de presa y núcleo.</i>	218
<i>Figura 91 Condiciones de cimentación de la presa Querquecocha.</i>	220
<i>Figura 92 Corte A_A” presa Querquecocha en suelo.</i>	220
<i>Figura 93 Corte típica B-B” de la presa Querquecocha en roca.</i>	221
<i>Figura 94 Sección de las características de cimentación del eje de presa,</i>	222
<i>Figura 95 Ubicación de los pozos para el ensayo de permeabilidad.</i>	224
<i>Figura 96 Red de flujo subterráneo.</i>	227
<i>Figura 97 Geo membrana HDPE</i>	228
<i>Figura 98 Ubicación de la cantera de rocas</i>	233
<i>Figura 99 Clasificación de rocas ígneas.</i>	234
<i>Figura 100 Ubicación de la cantera de agregados.</i>	243
<i>Figura 101 Ubicación de la cantera de suelo.</i>	246
<i>Figura 102 Ubicación de la fuente de agua.</i>	249
<i>Figura 103 Valores característicos de permeabilidad en suelos.</i>	254
<i>Figura 104 parámetros mecánicas y zonificación de la presa en proyecto – En suelos.</i>	254
<i>Figura 105 parámetros mecánicas y zonificación de la presa en proyecto – En rocas.</i>	255
<i>Figura 106 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i> 255	
<i>Figura 107 Condiciones estáticas de la presa, método Spencer. Aguas arriba.</i>	256
<i>Figura 108 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i> 256	
<i>Figura 109 Condiciones estáticas de la presa, método Spencer. Aguas abajo.</i>	257
<i>Figura 110 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes en condiciones estáticas, en suelos.</i>	257
<i>Figura 111 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i> 258	
<i>Figura 112 Condiciones estáticas de la presa, método Spencer. Aguas arriba.</i>	258
<i>Figura 113 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i> 259	
<i>Figura 114 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes en condiciones estáticas, en rocas.</i>	259
<i>Figura 115 Superficie de saturación de la presa cimentada en suelos.</i>	260
<i>Figura 116 Superficie de saturación de la presa cimentada en rocas.</i>	260
<i>Figura 117 Redes de flujo de la presa cimentada en suelos.</i>	261
<i>Figura 118 Redes de flujo de la presa cimentada en suelos.</i>	261
<i>Figura 119 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	262



<i>Figura 120 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	262
<i>Figura 121 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	263
<i>Figura 122 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	263
<i>Figura 123 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones dinámicas, en suelos.</i>	264
<i>Figura 124 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	264
<i>Figura 125 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	265
<i>Figura 126 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	265
<i>Figura 127 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	266
<i>Figura 128 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones dinámicas, en rocas.</i>	266
<i>Figura 129 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	269
<i>Figura 130 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	269
<i>Figura 131 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	270
<i>Figura 132 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	270
<i>Figura 133 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones sísmicas, en suelos.</i>	271
<i>Figura 134 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	271
<i>Figura 135 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.</i>	272
<i>Figura 136 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	272
<i>Figura 137 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.</i>	273
<i>Figura 138 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones sísmicas, en rocas.</i>	273
<i>Figura 139 Resumen general de las condiciones de estabilidad de taludes.</i>	274
<i>Figura 140 Análisis de suelos expansivos en C1.</i>	276
<i>Figura 141 Determinación del potencial de colapso.</i>	277
<i>Figura 142 Ensayo de fenómeno de tubificación "PINHOLE - ASTM D4647 (2006)".</i>	278
<i>Figura 143 Equipo para la prueba de tubificación.</i>	280
<i>Figura 144 Esquema para la interpretación de ensayo.</i>	281
<i>Figura 145 Esquina de cimiento.</i>	283
<i>Figura 146 Centro de cimiento.</i>	283
<i>Figura 147 Bulbo de presiones de la estructura.</i>	284
<i>Figura 148 Esquema del empuje hidrostático para la presa.</i>	285
<i>Figura 149 Sección del espadón de la presa.</i>	287
<i>Figura 150 Sección del espadón de la presa.</i>	289
<i>Figura 151 Capacidad de embalse vs unidades geológicas.</i>	292
<i>Figura 152 Ubicación de los ensayos SEV.</i>	293
<i>Figura 153 Interpretación del SEV1 y SEV2.</i>	294



<i>Figura 154 Interpretación del SEV2 y SEV3.</i>	294
<i>Figura 155 localización de los puntos de exploración.</i>	295
<i>Figura 156 Ubicación de perforaciones diamantinas.</i>	296
<i>Figura 157 sección interpretada geofísica.</i>	297
<i>Figura 158 Gráficos de regresión lineal</i>	321
<i>Figura 159 Distribución normal.</i>	322
<i>Figura 160 Distribución log normal 2 parámetros</i>	322
<i>Figura 161 Distribución log normal 3 parámetros.</i>	322
<i>Figura 162 Distribución Gamma de 2 parámetros.</i>	323
<i>Figura 163 distribución Gamma de 3 parámetros</i>	323
<i>Figura 164 Distribución Log Pearson tipo III.</i>	323



LISTA DE FOTOGRAFIAS

<i>Fotografía 1 Cima de montaña denudacional volcánico.....</i>	<i>71</i>
<i>Fotografía 2 Ladera de montaña baja denudacional empinado de depósitos coluviales</i>	<i>72</i>
<i>Fotografía 3 Llanura agradacional fuertemente inclinado de depósitos fluvioglaciares</i>	<i>73</i>
<i>Fotografía 4 Quebrada</i>	<i>74</i>
<i>Fotografía 5 Depósitos volcánicos estratificados.....</i>	<i>84</i>
<i>Fotografía 6 Brechas volcánicas.</i>	<i>86</i>
<i>Fotografía 7 Muestra de roca volcánica.</i>	<i>87</i>
<i>Fotografía 8 Depósitos fluvioglaciares.</i>	<i>89</i>
<i>Fotografía 9 Depósitos morrenicos.</i>	<i>90</i>
<i>Fotografía 10 Depósitos coluviales.</i>	<i>90</i>
<i>Fotografía 11 Depósitos fluviales.....</i>	<i>91</i>
<i>Fotografía 12 Medición de Azimut de una falla geológica.....</i>	<i>100</i>
<i>Fotografía 13 Fenómeno por caída de rocas</i>	<i>112</i>
<i>Fotografía 14 Deslizamiento antiguo.</i>	<i>113</i>
<i>Fotografía 15 Flujo de detritos.....</i>	<i>114</i>
<i>Fotografía 16 y Fotografía 17 Ejecución de los ensayos geofísicos</i>	<i>179</i>
<i>Fotografía 18, Fotografía 19 Ejecución del ensayo de refracción sísmica.....</i>	<i>179</i>
<i>Fotografía 20 Ejecución del ensayo de SEV.....</i>	<i>184</i>
<i>Fotografía 21 y Fotografía 5 Perforación diamantina 01.....</i>	<i>189</i>
<i>Fotografía 22 y Fotografía 6 Perforación diamantina 02.....</i>	<i>189</i>
<i>Fotografía 23 y Fotografía 7 Perforación diamantina 03.....</i>	<i>190</i>
<i>Fotografía 24 Ensayo de carga puntual para la ventana estructural 01.</i>	<i>203</i>
<i>Fotografía 25 Toma de datos para la caracterización del macizo rocoso.</i>	<i>205</i>
<i>Fotografía 26 Ensayo de carga puntual para la ventana estructural 02.</i>	<i>207</i>
<i>Fotografía 27 Toma de datos para la caracterización del macizo rocoso.</i>	<i>209</i>
<i>Fotografía 28 Ensayos a la fuente de agua.</i>	<i>251</i>
<i>Fotografía 29 Ensayo de Proctor.</i>	<i>279</i>
<i>Fotografía 30 Celda para la prueba de tubificación.</i>	<i>279</i>
<i>Fotografía 31 Aspecto final del orificio formado de una prueba (derecha) y plantilla de orificio</i>	<i>281</i>
<i>Fotografía 32 Material coluvial-fluvial.....</i>	<i>290</i>
<i>Fotografía 33 Extensión de vaso de la presa.....</i>	<i>291</i>
<i>Fotografía 34 Bofedales presentes en el vaso.....</i>	<i>291</i>



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	28
Tabla 2 Factor de escorrentía de Mac Math	35
Tabla 3 Parámetros del suelo según la norma E030 2018.....	45
Tabla 4 Descripción de materiales según velocidades Vp.....	47
Tabla 5 Descripción de materiales según velocidades Vp.....	47
Tabla 6 Clasificación de clases de pendientes.....	60
Tabla 7 Datos de clasificación de suelos según su uso.	61
Tabla 8 Unidades geomorfológicas	69
Tabla 9 Fallas geológicas.....	100
Tabla 10 Resumen de las condiciones sísmicas en la zona de estudio	111
Tabla 11 Parámetros de relieve.....	119
Tabla 12 Histograma de frecuencia altimétricas.....	120
Tabla 13 Pendiente media de la cuenca 4999868.	121
Tabla 14 Curva hipsométrica.....	121
Tabla 15 Pendiente media del rio	123
Tabla 16 Estaciones meteorológicas seleccionadas para el área de estudio.....	126
Tabla 17 Estaciones meteorológicas utilizadas para la regionalización.	127
Tabla 18 Precipitaciones regionalizadas para la cuenca 4999868 Querquecocha.	129
Tabla 19 Periodo de retorno y precipitación de diseño para diferentes periodos de retorno.....	146
Tabla 20 Balance hídrico.....	166
Tabla 21 Resumen de parámetros hidrometeorológicos	167
Tabla 22 Parámetros de Adquisición de valores para el Ensayo MAS – W.....	169
Tabla 23 Parámetros para la obtención de datos del ensayo REFRACCION SISMICA.	170
Tabla 24 Distancias y ubicación geográfica del tendido de las líneas de MASW.....	170
Tabla 25 Distancias y ubicación geográfica del tendido de las líneas de LS.....	172
Tabla 26 Descripción e interpretación de los perfiles estratigráficos de refracción sísmica	173
Tabla 27 Descripción e interpretación de los perfiles de MASW 1D.	174
Tabla 28 Parámetros elásticos inferidos de los ensayos LS-01 & MASW-01	174
Tabla 29 Distancias y ubicación geográfica de los puntos de SEV.....	180
Tabla 30 Ubicación de perforaciones diamantinas.	184
Tabla 31 Ubicación de calicatas.....	192
Tabla 32 Familias de discontinuidades.	204
Tabla 33 Familias de discontinuidades	208
Tabla 34 Condiciones geotécnicas.....	213
Tabla 35 Condiciones geológicas	213
Tabla 36 Condiciones hidrológicas	213
Tabla 37 Volumen y dimensiones de la presa.	221
Tabla 38 Ubicación geográfica y altitud del pozo 02.....	223
Tabla 39 Ubicación geográfica y altitud del pozo 03.....	223
Tabla 40 Cantera de roca	232
Tabla 41 Propiedades de la cantera de roca	239
Tabla 42 Cantera de agregados.....	242



<i>Tabla 43 Ubicación de la cantera de suelo.</i>	<i>246</i>
<i>Tabla 44 Ubicación de la fuente de agua.</i>	<i>248</i>
<i>Tabla 45 Clasificación del índice de colapso</i>	<i>277</i>
<i>Tabla 46 Matriz de identificación de impactos.....</i>	<i>304</i>
<i>Tabla 47 Medidas de mitigación y/o prevención del proyecto</i>	<i>311</i>
<i>Tabla 48 Regionalización de precipitación.</i>	<i>324</i>
<i>Tabla 49 Regionalización de la temperatura por regresión lineal simple.</i>	<i>324</i>
<i>Tabla 50 Regionalización de temperatura media</i>	<i>325</i>
<i>Tabla 51 Regionalización de la temperatura máxima media por regresión lineal</i>	<i>325</i>
<i>Tabla 52 Regionalización de la temperatura mínima media para la cuenca 4999868 Querquecocha.....</i>	<i>326</i>
<i>tabla 53 regionalización de la humedad relativa media mensual.</i>	<i>326</i>
<i>Tabla 54 Regionalización de la evaporación media para la cuenca 4999868 Querquecocha.</i>	<i>327</i>



DEDICATORIA

El presente es un logro colectivo el cual dedico a mi maravilloso equipo: Primero mi madre Justina Holguín Carazas por el apoyo espiritual que me brinda, así mismo mi padre Mauro Chara Huanca quien en vida me brinda el soporte suficiente para salir adelante, mis hermanas Sharmely Chara Holguín y Eiko Lucero Chara Holguín, quienes con su sola presencia me dan la fortaleza de poder hacer las cosas bien, guiarlas y concretar el anhelado sueño de nuestra madre; lograr ser ingenieros. Por último, a mi esposa Doris Pfuyo Hermoza, quien es mi soporte para salir adelante. Este esfuerzo es conjunto. A las personas anteriormente mencionadas siempre las tendré presente.

Jefferson Chara Holguín



DEDICATORIA

El trabajo realizado es dedicado a mi madre Rosa Mamani Condori, quien me da muchas fuerzas para seguir adelante, para mi padre Gabino Soncco Cahuana, de igual manera con mucho cariño para mis hermanos Noemi Yisela, Luz Venia, Evelin y Ronaldiño a quienes aprecio mucho, familiares cercanos que siempre me apoyaron, de igual manera a todas las personas que con su apoyo hicieron posible la presentación de este proyecto.

Yozman Edison Soncco Mamani



AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a las personas que nos dieron la vida, los cuales con su sabiduría hicieron posible que podamos lograr todos los objetivos.

De la misma manera a nuestra casa de formación profesional, Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco. (UNSAAC). La escuela profesional de Ingeniería Geológica donde logramos fortalecernos con conocimientos profesionales y con ello poder cumplir un rol significativo en el desarrollo de nuestro entorno.

De manera particular al Ingeniero Carlos Barrientos Guzmán, por guiarnos y paso a paso hacer posible la realización del presente trabajo. Agradecer también a todo el equipo de docentes de la escuela profesional de ingeniería geológica quienes, con su apoyo progresivo en sugerencias, recomendaciones, observaciones hicieron posible el presente trabajo.

Y agradecimiento especial a las empresas INGEOMAT E.I.R.L. y UNITEST UNIVERSAL TESTING SAC. Quienes nos brindaron información y asesoría durante la realización del presente proyecto.



CAPITULO I – GENERALIDADES

1.1.INTRODUCCION

Una represa es una obra ingenieril cuya finalidad es el abastecimiento de agua y con ello mejorar el nivel de vida de la población dedicada a distintas actividades económicas (agricultura, ganadería, etc.), específicamente en el Distrito de Velille, Provincia de Chumbivilcas, Departamento de Cusco, cuenta con un total de 9 143 personas beneficiarias (INEI, 2017).

El área de estudio está ubicada en la unidad hidrográfica considerada como una cuenca de nivel 7 con el código 4999868 , el cual presenta una la laguna Querquecocha, donde se implementa el presente estudio para la caracterización geológica, geotécnica e hidrológica de los distintos parámetros de la presa y realizar el reconocimiento de las condiciones geológicas del vaso, reconocer las unidades geomorfológicas afectadas por el embalse, caracterizar la actividad estructural, conocer los fenómenos por geodinámica externa y geodinámica interna y las condiciones de cimentación que presentara el eje de presa.

Geomorfológicamente la zona de estudio presenta un predominio de pendientes de clase F (25-50) de pendiente empinado con un porcentaje de 28.95 %, a los flancos del vaso de presa se tiene pendientes extremadamente empinadas donde predomina litología volcánica, la zona de estudio presenta unidades geomorfológicas de cimas de montañas bajas (16.62 %), laderas de montaña baja (57.42 %), pie de montaña baja (4.29 %), fondo de valle (12.63 %), planicies (8.32 %) y mesetas (0.47 %) y quebradas (0.25 %).

La litoestratigráfica presente en la zona de estudio corresponde a las formaciones del Neogeno, siendo las formaciones Huaycha y Casanuma (Grupo Barroso), compuestas por rocas volcánicas como Tobas con clastos de andesitas y flujos lávicos de Andesitas correspondientemente, la cual



sobre yace con la Formación Orcopampa (Grupo Tacaza) la cual aflora al norte en la zona de estudio.

Las condiciones hidrológicas presentes en la zona de estudio se hicieron en base a modelos hidrológicos, la unidad hidrográfica 4999868 de nivel 7 según la codificación propuesta por Pfaster, la unidad hidrográfica ubica a una altitud promedio de 4322 m.s.n.m. con una precipitación máxima mensual que se da en el mes de enero con un valor de 190.3 mm/mes, mientras que por el contrario en el mes de junio se tiene la precipitación mínima siendo esta de 4.1 mm/mes. Consecuentemente se tiene que la precipitación anual regionalizada para el área de estudio es de 862.882 mm/año. Se tiene una oferta hídrica de 17.26 Hm³, con una capacidad de embalse de 18.8074 Hm³.

La presa planteada es de tipo CFRD (CONCRETE FACE ROCKFILL DAMS / PRESA DE ENROCADO CON CARA DE CONCRETO), con una altura de 20.00 m y una longitud de eje de 400.00 m, alcanzando una capacidad de almacenamiento de 12.47 Hm³. Además, se plantea una cimentación superficial, mediante un sistema estructural de Zapata Corrida, con un Df de 3.00 m considerado desde el nivel de fondo de quebrada. El estrato portante corresponde a suelos gruesos gravosos y rocas ígneas intrusivas de tipo granodiorita, con capacidad portantes de 2.02 kg/cm² y 5.27 kg/cm² respectivamente. Se tiene un factor de seguridad de 4.125 garantizando la estabilidad del cuerpo de presa.

Se han determinado valores de permeabilidad muy bajos (k) en el sondeo 02 con un valor de 2.7×10^{-4} cm/s y en sondeo 03 con un valor de 9.7×10^{-7} cm/s, garantizando la estanqueidad de la presa de acuerdo a la estructura planteada,



En consecuencia, el presente trabajo da a conocer las condiciones geológicas, geotécnicas e hidrológicas de la zona de estudio con el cual garantizamos la seguridad y la estanqueidad de la estructura y el abastecimiento de agua.



1.2. UBICACIÓN

1.2.1. UBICACIÓN POLITICA

Departamento : Cusco
Provincia : Chumbivilcas
Distrito : Velille
Comunidad : Ccollana

1.2.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA

Datum : WGS84
Zona : 19 L
Norte : 8382380.26
Este : 193840.68
Altitud : 4322 m.s.n.m

1.2.3. UBICACIÓN HIDROGRAFICA

Vertiente Hidrográfica : Atlántico
Intercuenca 4999 (*) : Alto Apurímac
Unidad hidrografica 49998 (*) : Velille
Cuenca 4999868 (*) : Querquecocha

(*) Según Pfastether

1.2.4. LIMITES POLITICOS

Norte : C.P. Casablanca y Tuntuma
Sur : C.P. Chilloroya
Este : Minera Hudbay
Oeste : Cullahuata



1.2.5. LIMITES HIDROGRAFICOS

Norte : Cuenca de Santo Tomas

Sur : Cuenca Lactatuyo

Este : Cuenca Alto Urubamba

Oeste : Cuenca Samana

1.3.ACCESIBILIDAD

La principal vía de comunicación es terrestre, tomándose como referencia de partida la ciudad del Cusco. El viaje se realiza en dos tramos, mediante carretera asfaltada, afirmada y trocha carrozable, se detalla a continuación en los siguientes cuadros.

Cuadro 1 Ruta de acceso 01.

RUTA	TRAMO	RECORRIDO MEDIANTE POBLADOS	TIPO DE VIA	DURACION	DISTANCIA
1	A	CUSCO - URCOS - COMBAPATA - YANAOCA	ASTALTO DOBLE VIA (RVN)	2 Hrs 32 Min	125 Km
	B	YANAOCA - QUEHUE	PAVIMENTO ASFALTICO DOS VIAS (RVD)	42 Min	26.90 Km
	C	QUEHUE - CHECCA	PAVIMENTO DE CONCRETO DOS VIAS (RVD)	42 Min	23.70 Km
	D	CHECCA - PICHIGUA - YAURI	PAVIMENTO ASFALTICO DOS VIAS (RVD)	1 Hrs 06 Min	45.40 Km
	E	YAURI - VELILLE	PAVIMENTO BASICO UNA VIA (RVN)	1 Hrs 53 Min	88.40 Km
	F	VELILLE - LAGUNA (QUERQUECOCHA)	TROCHA UNA SOLA VIA (RVV)	1 Hrs 10 Min	65.30 Km

Nota: Se muestra los accesos por tramos, duración y distancia en km.(propia)



Cuadro 2 Ruta de acceso 02.

RUTA	TRAMO	RECORRIDO MEDIANTE POBLADOS	TIPO DE VIA	DURACION	DISTANCIA
2	A	CUSCO - OCCOPATA - YAURISQUE	PAVIMENTO ASFALTICO DOS VIAS (RVD)	54 Min	33.60 Km
	B	YAURISQUE - PARURO	AFIRMADO (RVD)	40 Min	31.10 Km
	C	PARURO - COLCHA - ACCHA	PAVIMENTO ASFALTICO DOS VIAS (RVD)	1 Hrs 46 Min	49.80 Km
	D	ACCHA - OMACHA - LIVITACA - CHAMACA - VELILLE	AFIRMADO (RVD)	2 Hrs 55 Min	115 Km
	E	VELILLE - LAGUNA (QUERQUECCOCHA)	TROCHA UNA SOLA VIA (RVV)	1 Hrs 10 Min	65.30 Km

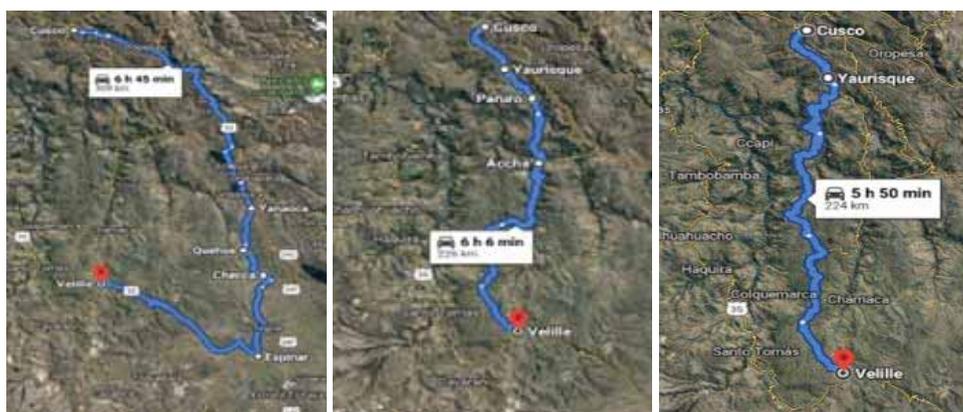
Nota: Se muestra los accesos por tramos, duración y distancia en km.(propia)

Cuadro 3 Ruta de acceso 03.

RUTA	TRAMO	RECORRIDO MEDIANTE POBLADOS	TIPO DE VIA	DURACION	DISTANCIA
3	A	CUSCO - OCCOPATA - YAURISQUE	PAVIMENTO ASFALTICO DOS VIAS (RVD)	54 Min	33.60 Km
	B	YAURISQUE - PACCARITAMBO - CAPACMARCA - VELILLE	AFIRMADO (RVD)	4 Hrs 57 Min	190 Km
	C	VELILLE - LAGUNA (QUERQUECCOCHA)	TROCHA UNA SOLA VIA (RVV)	1 Hrs 10 Min	65.30 Km

Nota: Se muestra los accesos por tramos, duración y distancia en km.(propia)

Figura 1 Rutas de accesibilidad a la zona de estudio.



Nota: Se muestran las rutas de acceso a la derecha la ruta 01, medio la ruta 02 y la izquierda la ruta 03(Google maps, 2020).



1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El distrito de Velille cuenta con una actividad económica considerable siendo un área de conexión entre Espinar y Santo Tomas, con una población de 9 143 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional promedio de 1.6% por año (INEI - 2017) dedicada en su mayoría a la ganadería, agricultura y minería, Es de conocimiento público que la problemática de agua en el distrito de Velille, no solo es para la zona urbana dedicada en su mayoría al comercio según el : INEI-Plan Regional de Saneamiento Básico Cusco 2018 -2021, se registran en Chumbivilcas 85,6 % de pobres y 58,1%, pobres extremos. Entre los indicadores de Desarrollo Humano (IDH) que dan cuenta de la calidad de vida de los habitantes de la provincia, refleja Chumbivilcas 26,9 %.

La problemática del agua también se extiende a la zona rural, dedicada en su mayoría a la ganadería que es abastecida de alimentación limitada, mediante pastizales temporales por la ausencia de agua entre los meses de abril a noviembre, esto hace que la producción ganadera no sea de manera constante durante todo el año, ya que el distrito de Velille representa el 16.9 % en relación a toda la provincia, siendo los vacunos y ovinos los más representativos.

Según el MAHIFAS, Mapa hidrográfico e inventario de Fuentes de Aguas Superficiales, Ámbito ATDR(Administración Técnica de Distrito de Riego) Sicuani, el distrito de Velille presenta la menor cantidad de manantes con un total de 55 y no tiene presas construidas y tampoco se realizaron estudios hidrológicos adecuados, no presenta estaciones meteorológicas por lo que hay una ausencia de registros pluviométricos para conocer la precipitación promedio anual, precipitaciones máximas, mínimas, capacidad de embalse, oferta hídrica, caudal ecológico, demanda hídrica y balance hídrico en la zona durante todo el año, de tal manera que no se puede



conocer el comportamiento adecuado y el abastecimiento necesario de agua en el distrito de Velille.

La zona de estudio presenta escasa información de las unidades litoestratigráficas, debido a la escala de mapeo que realizó el INGEMMET en el cuadrángulo de Velille 30-S, el área de estudio presenta rocas volcánicas del Grupo Barroso, que presentan diferente composición y estados de meteorización, que formaron depósitos cuaternarios las cuales no fueron mapeados. Esto hace que el mapeo no presente el nivel de detalle adecuado para realizar una clasificación litoestratigráfica de la zona de estudio.

La demanda de agua para fines agrícolas en los meses de estiaje (abril a Noviembre) en el distrito de Velille, hace que sea necesario la presencia de un proyecto de ingeniería, que reúna los parámetros geotécnicos adecuados que garanticen el abastecimiento de agua.

1.4.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos para garantizar la estanqueidad y seguridad de la presa Querquecocha del distrito de Velille, provincia Chumbivilcas – Cusco, 2020?

1.4.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ✓ ¿Cuáles son las unidades geomorfológicas, características litológicas y condiciones geoestructurales presentes en la zona de estudio?
- ✓ ¿Cuáles son los fenómenos por geodinámica interna y externa en la zona de estudio?
- ✓ ¿Cuáles son los parámetros hidrológicos presentes en la zona de estudio?
- ✓ ¿Cuáles son los parámetros físico-mecánicos de los suelos y rocas presentes en la zona de estudio?

1.5. VARIABLES DE INVESTIGACION

El proyecto de estudio cuenta con variables independientes y variables dependientes.



1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Geología
- Geotecnia
- Hidrología

1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Seguridad y estanqueidad

Tabla 1 Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	DIMENSIONES	PARAMETROS	RESULTADO	
SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD	GEOLOGIA	Geomorfología	Topografía Pendientes	Mapa topográfico Mapa de pendientes	
		Litoestratigrafía	Litología	Mapa geomorfológico	
		Geología estructural	Estratigrafía Fallas Diaclasas	Mapa Geológico estructural	
			Geodinámica externa Geodinámica interna	Mapa de geodinámica externa	
	HIDROLOGIA	Parámetros morfométricos	Parámetros de forma	Clasificación de cuenca	
			Parámetros de relieve Parámetros de drenajes	Pendiente media Orden de ríos	
		Parámetros meteorológicos	Precipitación y Caudales	Datos promedios anuales y mensuales	
			Evapotranspiración	Datos promedios anuales y mensuales	
	GEOTECNIA	Prospección directa	Balance hídrico	Oferta hídrica	Precipitación regionalizada y caudal
			Demanda hídrica	Caudal requerido	
Prospección indirecta		Perforaciones diamantinas Calicatas	Parámetros físico mecánicos del terreno		
		MASW Refracción sísmica SEV	perfil de velocidades de ondas Perfil de resistividades.		

Nota: Se muestra las variables dependientes e independientes

Fuente: Elaboración propia



1.6.OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio geológico, geotécnico e hidrológico para garantizar la seguridad y estanqueidad de la presa Querquecocha del distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas – Cusco, 2020.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las unidades geomorfológicas, características litológicas y condiciones geoestructurales presentes en la zona de estudio
- ✓ Determinar los fenómenos por geodinámica interna y externa en la zona de estudio
- ✓ Determinar los parámetros hidrológicos presentes en la zona de estudio
- ✓ Determinar las características y parámetros físico-mecánicos de los suelos y rocas presentes en la zona de estudio.

1.7.HIPOTESIS

1.7.1. HIPOTESIS GENERAL

Los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos permitirán conocer las condiciones necesarias para garantizar la seguridad y estanqueidad de la presa Querquecocha del distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas –Cusco, 2020.

1.7.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS

- ✓ Las unidades geomorfológicas, litológicas y condiciones geoestructurales presentes en la zona de estudio proporcionara parámetros favorables para el diseño de presa.
- ✓ Los fenómenos por geodinámica interna y externa no presentan un riesgo potencial para la presa.
- ✓ Los parámetros hidrológicos permitirán realizar un cálculo general de la oferta y demanda hídrica para el diseño de presa.



- ✓ Las prospecciones directas e indirectas nos proporcionarán las características y parámetros físico - mecánicos de suelos y rocas, para conocer las condiciones de cimentación de la presa y canteras.

1.8.JUSTIFICACION

El agua es un componente vital para el desarrollo de una población, el distrito de Velille (Chumbivilcas) presenta un crecimiento poblacional de 1.6 % INEI-2017, debido a la actividad minera, agrícola y ganadera(predominantemente), por tal motivo se propone disponer de una buena infraestructura en la presa siguiendo un control geológico, geotécnico e hidrológico adecuado para el abastecimiento de agua con fines agrícolas, con ello mejorar la calidad de vida de la población dedicada a mencionadas actividades económicas, se ha visto por conveniente realizar la caracterización geológica, geotécnicas e hidrológicas de los distintos componentes del proyecto como una alternativa de solución a la demanda de agua, calidad de vida y con una visión para las futuras generaciones mediante un correcto balance hídrico.

El presente trabajo genera una información geológica más detalla de los competentes litoestratigráficos en la zona de estudio, una clasificación de unidad hidrográfica considerando parámetros hidro morfométricos y así mismo una caracterización geotecnia de los materiales existentes con fin de plantear una correcta estructura, que sea segura y garantice el abasteciendo de agua.



1.9.METODOLOGIA

1.9.1. METODO DE INVESTIGACION

Cuantitativa, ya que mediante la recolección de datos (antecedentes, medición numérica y análisis estadístico), interpretaremos lo observado y definiremos las conclusiones y recomendaciones para la construcción de la presa Querquecocha, (et al, 2003.) Sampieri.

1.9.2. TIPO DE INVESTIGACION

DESCRIPTIVO-CORRELACIONAL

Se ha descrito las condiciones geológicas, geotécnicas e hidrológicas en la zona de estudio.

Tomando en cuenta ensayos y trabajos realizados anteriormente en diferentes lugares, a partir del cual se podrá caracterizar adecuadamente las condiciones para garantizar la estanqueidad y seguridad de la represa.

Es correlacional ya que evalúa la relación existente de los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos para garantizar la seguridad y estanqueidad de la estructura proyectada. (et al, 2003.) Sampieri.

Además:

Se escogió descriptivo y correlacional, debido a que se pretende demostrar la hipótesis. (2016) Borja.

1.9.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

NO EXPERIMENTAL

El presente trabajo sigue una metodología ya establecida para determinar los diferentes parámetros geológicos, geotecnia e hidrológicos, a fin de plantear las condiciones adecuadas para garantizar la seguridad y estanquidad de la presa. (2016) Borja.

Además, las variables independientes no están sujetas a modificaciones.



1.10. MARCO TEORICO

1.10.1. GEOMORFOLOGIA

- **CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA**

Geometría se refiere a la forma, estos factores que gobiernan estos procedimientos de modelado (estructurales, litológicos, tectónicos, volcánicos, etc.), procedimientos de modelado o factores ambientales (procesos) y el tiempo o un elemento de evolución (estado), que son componentes o conceptos básicos de métodos geomorfológicos. Lo cual proviene del trabajo de Morris, Davis William.

La relación entre todos los elementos que intervienen en el origen del relieve es muy compleja. Por tanto, no es de extrañar que este siga siendo un tema "latente" en el campo de la geomorfología teórica, y sin enfoques claros: dado su dominio de los factores de modelado, lo importante conocer el papel de la tectónica al formarse los terrenos, también es interesante conocer el papel que las diferentes "tasas de denudación" las cuales influyen en el aumento tectónico detallado y deformaciones tectónicas a escala local.

Clima, tectónicas y vulcanismo deben catalogarse como factores dinámicos; definen el tipo de proceso y su mayor o menor incidencia en un territorio. Región morfoclimática, estructura tectónica y litología, constituyen factores estáticos; son características primarias del terreno, sobre las cuales actúan los factores dinámicos para elaborar nuevas morfologías. (De Pedraza, 1996)

La geomorfología es considerada como una ciencia que busca explicar el relieve, describir las formas, su evolución, además de los procesos de modelamiento según Dearrau M, 1996.

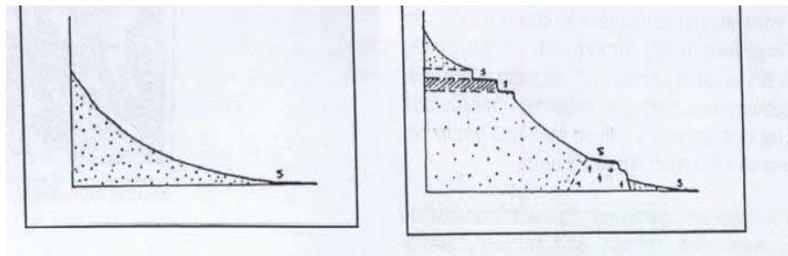
- **VALLE ALUVIAL**

Los valles aluviales son un determinado tipo de paisaje geográfico según Zinck, 1980. Se cree que están relacionadas con áreas estrechas y alargadas que están intercaladas por áreas de mayor despeje y presenta arroyos a lo largo del eje.

Es un relieve característico que puede formarse en paisajes montañosos, mesetas o laderas.

La formación de un valle está relacionada a l proceso de sedimentación y erosión producida por el caudal de un rio. Por ello se presenta un perfil con la superficie modelada por una curva suave y un segundo proceso de superficie irregular producto de la erosión de distintos materiales que se encuentran entrelazados como afloramientos rocosos, sedimentos blandos. (Villota, 2005)

Figura 2 Perfil longitudinal de valles



Nota: A lado izquierdo se muestra el perfil longitudinal de un valle idealizado, al lado derecho se muestra el perfil longitudinal de un valle irregular.

1.10.2. GEOLOGIA

- **ESTRUCTURAS GEOLOGICAS REGIONALES**

Las deformaciones se dan de acuerdo a factores como temperatura y presiones hidrostáticas en la medida que están apliquen un esfuerzo. Entonces las deformaciones estructurales en los bloques de roca forman estructuras geológicas locales. Esto se puede simular para las propiedades reológicas del macizo.



Se tiene como estructural regionales a fallas y mantos de corrimiento considerandos como un nivel mayor en geomorfología en comparación a una estructura local como pliegues, fracturas y unidades de desplazamiento.

Existen diferentes conceptos utilizados por ingeniero geólogos y civiles al momento de presentar un concepto e interpretar el origen de algunos fenómenos que este relacionados a deformaciones mecánicas. En consecuencia, se tiene valores asignados a unidades geológicas para establecer un solo concepto de término. (Suarez L., 2015)

1.10.3. HIDROLOGIA

- **BIOTEMPERATURA**

En el presente trabajo se optó por usar la tercera alternativa para el cálculo de biotemperatura, el cual presentan tres casos:

- Cuando la temperatura media presenta valores entre 6°C y 24°C, la biotemperatura media es equivalente a la temperatura media.
- Cuando la temperatura media presenta valores mayores a 24°C, la biotemperatura media se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Bio Temp } (^{\circ}\text{C}) \bar{x} = \bar{x} T \text{ Med} - \left(\frac{3 * \text{lat}}{100}\right) * (T \text{ med} - 24)^2$$

- Cuando la temperatura media presenta valores menores de 6°C, la biotemperatura media se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Bio Temp } (^{\circ}\text{C}) \bar{X} = \frac{\bar{X} T \text{ máx}}{\bar{X} T \text{ máx} - \bar{X} T \text{ min}} * \frac{\bar{X} T \text{ máx}}{2}$$

Estos conceptos para determinar la biotemperatura toman valores de las condiciones iniciales de temperatura necesarias para tomar en cuenta la alternativa correcta. (Holdridge, 1982).



• **MÉTODO DE MAC MATH**

Es una metodología para determinar el caudal de las máximas avenidas para un determinado tiempo de retorno, considerando un factor de escorrentía, intensidad máxima de lluvia, área de la cuenca y pendiente promedio del cauce principal.

$$Q = 0,0091 CIA^{\frac{4}{5}}S^{\frac{1}{5}}$$

Considerando que:

Q= Caudal máximo para un periodo de retorno T, m3/s

C= Factor de escorrentía de Mac Math, característica de la cuenca.

I= Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, mm/h y periodo de retorno de T, años.

A= área de la cuenca.

S= Pendiente del cauce principal, promedio.

Donde se considera los factores C= C1+C2+C3, donde C1 está en función de la cobertura vegetal, C2 está en función de la textura del suelo y C3 está en función de la topografía.

Tabla 2 Factor de escorrentía de Mac Math

Vegetación		Suelo		Topografía	
Cobertura (%)	C1	Textura	C2	Pendiente (%)	C3
100	0.18	Arenoso	0.08	0.0-0.2	0.04
80-100	0.12	Ligera	0.12	0.2-0.5	0.06
50-80	0.16	Media	0.16	0.5-2.0	0.06
20-50	0.22	Fina	0.22	2.0-5.0	0.10
0-20	0.30	rocosa	0.30	5.0-10.0	0.15

Nota: Se muestran valores de escorrentía de Mac Math, adaptado de Hubbard, 1993. (Hubbard, 1993).



1.10.4. GEOTECNIA

- **CLASIFICACION DE BIENIAWSKI (1973, 1975, 1989)**

Fue una clasificación desarrollada por Bieniawski en 1973, este procedimiento para realizar la caracterización geomecánica de los macizos rocoso a partir de los datos obtenidos en áreas o tramos de afloramientos y sondeos que presenten características geológicas uniformes. Considerando los siguientes parámetros:

- La resistencia uniaxial
- Grado de fractura miento RQD
- Espaciado entre discontinuidades
- Condición de discontinuidades
- Condiciones hidrogeológicas
- Orientación de discontinuidades

La acción de estos parámetros sobre el comportamiento geomecánica es expresado mediante el índice de calidad de macizo rocoso RMR el cual varia de 0 a 100. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

Para obtener el índice de RMR.

Primero se divide en algunos dominios estructurales, para ello se delimitan zonas de acuerdo a las discontinuidades, con ello tenemos estructuras homogéneas. El macizo rocoso contiene estructuras geológicas como fallas, diaclasas y pliegues.

La clasificación RMR evalúa la calidad de un macizo rocoso a partir de parámetros.

(Ramírez P., 2004)



Cuadro 4 Parámetros de clasificación RMR y sus valores.

PARAMETROS		ESCALA DE VALORES							
1	Resistencia de la roca intacta	Bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple		
		A compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	VALOR	15	12	7	4	2	1	0	
2	R.Q.D.	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%			
	VALOR	20	17	13	8	3			
3	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	>2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm			
	VALOR	20	15	10	8	5			
4	CONDICION DE LAS JUNTAS	Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios ligeramente meteorizada.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios muy meteorizada.	Espejo o falla o relleno de espesor <5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas.	Relleno blando de espesor >5 mm, o juntas abiertas >5 mm, juntas continuas.			
		VALOR	30	25	20	10	0		
5	AGUA	FLUJO EN CADA 10 m DE TUNEL, o bien	Ninguno	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min		
		Relación presión del agua en la junta/tensión principal máxima.	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		CONDICIONES GENERALES	Completamente seco	Manchas de humedad	Muy húmedo.	Goteo.	Flujo de agua.		
		VALOR	15	10	7	4	0		

Nota: Se muestran los parámetros para realizar la clasificación RMR, (Ramírez P., 2004).

- **INDICE RQD**

El RQD (Rock Quality Designation) es muy útil, pero tiene una gran limitación que no toma en cuenta aspectos como rellenos, separación y otras condiciones de las discontinuidades, por lo que es necesario describir en forma completa las características de fracturación de los macizos rocosos en el campo o participando en sesiones de sondeo o perforación. (Palmstrom, 1975).

El RQD en macizos rocosos se puede determinar mediante correlaciones empíricas como las de Palmstrom, 1975 (en ISRM, 1981) que se detallan a continuación:



Donde S_i es el espaciado medio de cada familia (I) de las discontinuidades y J_v es el número de discontinuidades por m³ de macizo. A partir del parámetro J_v se puede calcular el valor de RQD. (Palmstrom, 1975)

$$J_v = \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i}$$

$$RQD = 115 - 3,3J_v \text{ para } J_v > 4,5$$

$$RQD = 100 \text{ para } J_v \leq 4,5$$

Donde:

$$J_v = \sum \frac{n^{\circ} \text{ de discontinuidades}}{\text{longitud de medida}}$$

• DESCRPCION Y CLASIFICACION DE SUELOS

El material considerado como suelos presentan diferentes tamaños de partículas y composiciones químicas para ello se plantea definiciones y sistemas de clasificaciones que consideren en un mismo lenguaje paralas diferentes diciplinas, por ello se platearon cuatro grupos: Gravas tamaño de gano entre 10-8cm y 2 mm, arenas tamaño de grano entre 2 mm y 0.060 mm, limos tamaño de grano entre 0.060 y 0.002 mm y arcillas con tamaños menores a 0.002 mm. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

En el año 1948 durante la construcción del aeródromo del cuerpo de ingenieros del ejército se plantea el sistema unificado de clasificación de suelos el cual divide en dos grandes grupos. (Braja M., 2013)

Suelos de grano grueso considerados como gravas y arenas que presentan material más del 50% retiene el tamiz N° 200. Para ello se consideran los prefijos G o S para gravas y arenas respectivamente. (Braja M., 2013)



Suelos de grano fino cuando más del 50% pasa el tamiz N° 200. Para ello se consideran los prefijos M para suelos limosos, C para suelos arcillosos y O para limos y arcillas orgánicas o suelos muy orgánicos. (Braja M., 2013)

La clasificación también considera otros símbolos para definir la gradación del material como W bien gradado y P pobremente gradado, y para determinar la plasticidad las denominaciones L de baja plasticidad y H de alta plasticidad. (Braja M., 2013)

Cuadro 5 Sistema unificado de clasificación de suelo

Tabla 4.2 Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75)

Criterio para la asignación de símbolos de grupo			Simbolos de grupo	
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción	Gravas limpias Menos de 5% finos ^a	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GW GP
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Gravas con finos Más de 12% finos ^{a,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GM GC
		Arenas limpias Menos de 5% finos ^b	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SW SP
	Arenas con finos Más de 12% finos ^{a,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SM SC	
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^f	CL ML
		Orgánico	Límite líquido: secado < 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OL Límite líquido: no secado	OL
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2) Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	CH MH
		Orgánico	Límite líquido: secado < 0.75 ; vea la figura 4.2; zona OH Límite líquido: no secado	OH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico		Pt	

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.
^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.
^c $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$
^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.
^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

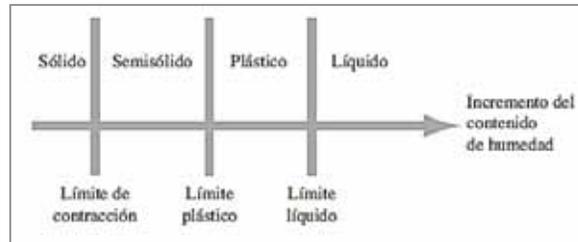
Nota: Clasificación de suelos onde se indica el símbolo grupo (Braja M., 2013)

- CONSISTENCIA DEL SUELO**

Albert Mauritz Atterberg realizo una metodología para determinar la consistencia del suelo esto por la absorción de agua que rodean las partículas de arcilla, entonces considero finos variando el contenido de agua, se tenía que: con baja humedad el suelo se comportaba como una sustancia dura quebradiza y cuando se le agregaba demasiada agua el suelo podía fluir como un líquido, para

ello planteo dos estados de suelo: Plástico y líquido, el punto de intermedio entre el estado semisólido y plástico es considerado como el límite plástico y el punto intermedio entre el estado plástico y estado líquido es considerado el límite líquido.(Braja M., 2013)

Figura 3 Límites de consistencia



Nota: Se muestra el comportamiento del suelo del estado sólido a líquido (Braja M., 2013)

Límite líquido (LL):

El ensayo según la norma ASTM D4318, presenta una metodología para determinar el límite líquido mediante pruebas donde se agrega material de suelo que pasa la malla N° 40 con diferentes contenidos de humedad, previamente saturado, se coloca en la cuchara de Casagrande y se realiza una ranura de 12.7 mm y se genera golpes hasta llegar que esta ranura cierre en 25 golpes. Se calcula en contenido de agua y se expresa en porcentaje.(Braja M., 2013)

Límite Plástico (PL):

Para determinar el contenido de humedad cuando el suelo se desmorona al realizar hilos de 3.2 mm de diámetro. Este ensayo se encuentra especificado en la norma ASTM D4318, se realiza sobre una placa de vidrio esmerilado haciendo rodar el suelo hasta conseguir el diámetro anteriormente mencionado y lograr que esta se fracture. Se calcula en contenido de agua y se expresa en porcentaje (Braja M., 2013)

Índice de Plasticidad (PI):

Se considera a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. (Braja M., 2013)



- **MUESTRAS GEOTECNICAS**

Estos muestreos son realizados en calicatas como en sondeos o cualquier otro tipo de excavación con la finalidad de obtener testigos que representen las características y propiedades del suelo y posteriormente realizar ensayos en laboratorio.

Se consideran muestras inalteradas a los que no sufren alteraciones en su estructura y contenido de humedad, pueden ser extraídos en sondeos y calicatas utilizando tomamuestras o tubos de pared delgada. Las muestras alteradas presentan una modificación en su estructura y contenido de humedad del mismo modo permiten la elaboración de ensayos en laboratorio,

Cuadro 6 Tipos de muestra y transporte.

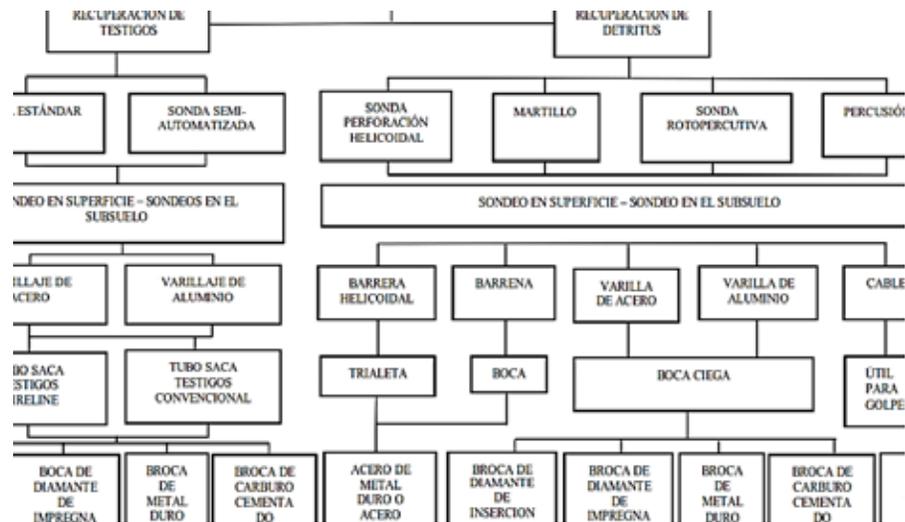
TABLA 4				
TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada	Tubos de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

Nota: se muestran los tipos de muestra y las características de transporte ((Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018))

- **PERFORACION DIAMANTINA**

Existen tres técnicas de perforación para ello es necesario evaluar la velocidad, costo, cantidad y calidad de la muestra recuperada, así como las condiciones logísticas y medioambientales (Sanga Ccama, 2017)

Figura 4 Esquema de perforación diamantina.



Nota: Se muestra un flujograma del proceso de perforaciones diamantinas (Sanga Ccama, 2017)

La perforación diamantina se realiza utilizando una broca diamantada para perforar la roca o suelo obteniendo una muestra testigo o Core de esta roca, posteriormente estas se almacenan en cajas porta-testigos. (Sanga Ccama, 2017)

Estos tipos de sondeos se pueden realizar a diferentes inclinaciones y profundidades pero lo más habitual es considerar perforaciones de 100 m, mediante esta metodología la extracción de la muestra es de manera continua con respecto a la longitud de perforación en algunos casos el porcentaje de recuperación es muy alto como también se tiene materiales como gravas, boleos y arenas con nivel freático donde la recuperación es muy baja , para ello se desarrollaron técnicas de



recuperación considerando tubos interiores que presentan elementos como cabeza, tubo porta testigo, extractor y corona de corte. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

- **PERMEABILIDAD**

El suelo está conformado por partículas, y entre ellos existen huecos o poros interconectados por lo tanto el agua puede fluir por ellos. El suelo granulares como arenas que presentan partículas de tamaño considerable el agua puede fluir con facilidad en cambio cuando se tiene suelos finos los poros son extremadamente pequeños y el agua tiene mayores dificultades para fluir. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

Cuadro 7 Rango de valores de permeabilidad

Rango de valores del coeficiente de permeabilidad en suelos	
Tipo de suelo	k (cm/s)
Grava mal graduada (GP)	≥ 1
Grava uniforme (GP)	0,2-1
Grava bien graduada (GW)	0,05-0,3
Arena uniforme (SP)	5×10^{-3} -0,2
Arena bien graduada (SW)	10^{-3} -0,1
Arena limosa (SM)	10^{-3} - 5×10^{-3}
Arena arcillosa (SC)	10^{-4} - 10^{-3}
Limo de baja plasticidad (ML)	5×10^{-5} - 10^{-4}
Arcillas de baja plasticidad (CL)	10^{-7} - 10^{-9}

Nota: Se muestran valores de permeabilidad k en cm/s y una clasificación de suelo. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

1.10.5. GEOFISICA

- **PROSPECCION GEOFISICA**

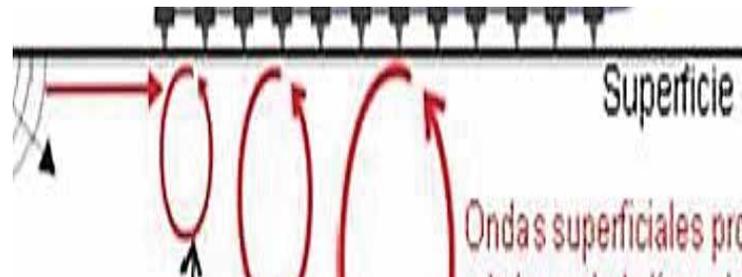
Es una prospección mediante la medición de las variaciones de parámetros físicos los cuales son relacionadas con características geológicas. Son considerados como métodos de prospección no destructivos que se complementan con investigaciones directas como sondeos o calicatas. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

METODOS SISMICOS

- **ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES**

Se considera como un método no destructivo utilizado para conocer la velocidad de onda de corte (V_s) la cual es relacionada con el módulo de corte (G). en consecuencia, este método realiza el análisis de la onda Rayleigh, estas ondas se propagan en la superficie la cuales son registradas mediante sensores denominados geófonos. (Park et al., 1999).

Figura 5 Esquema del principio del Ensayo de MASW.



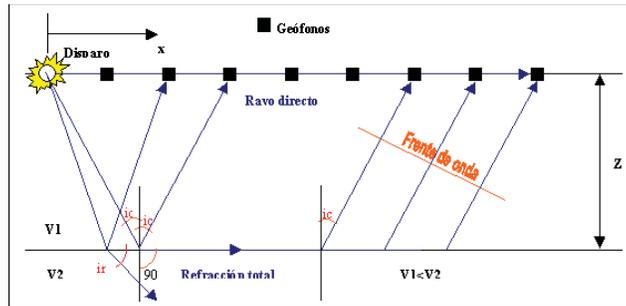
Nota: se muestra los elementos, esquema y equipos necesarios para el ensayo de MASW. (Manual Seisimager,2005)

- **REFRACCION SISMICA**

Este método permite realizar perfiles longitudinales en base a la adquisición de datos de los sensores ubicados de manera equidistantes y una fuente de disparo realizado con un martillo de 8 kg generalmente para longitudes de 25 m y 100 m, el espaciado entre geófonos no suele exceder los 5 m y los disparos se realizan como mínimo 3 aunque se pueden realizar 5 para garantizar mayor detalle de investigación. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

El análisis e interpretación de estos datos permite calcular las velocidades longitudinales (V_p [m/s]), además de la determinación de los refractores que se pueden asociar a interfaces de los materiales del subsuelo en profundidad, lo que a su vez se puede interpretar litológicamente. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

Figura 6 Esquema del principio del ensayo de refracción sísmica



Nota: se muestra un esquema con ondas refractadas, método empleado para en método de refracción sísmica (Manual Seisimager,2005)

- INTERPRETACION DE LOS VALORES SISMICOS

Según la norma peruana de diseño Sismorresistente E-030 del 2018, estos perfiles de suelo se clasifican de acuerdo a sus propiedades mecánicas, espesor del estrato y la velocidad de propagación de ondas de corte.

Tabla 3 Parámetros del suelo según la norma E030 2018

Tipo de suelo	Velocidad de ondas de corte Vs30(m/s) *	N1(60) SPT	Resistencia al corte en condición no drenada Su
S0	Vs > 1500	-	-
S1	500 < Vs < 1500	> 50	> 100 kPa
S2	180 < Vs < 500	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	Vs < 180	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Nota: Parámetros del suelo según la norma E030 2018, Vs30(m/s) *; Velocidad promedio de ondas en los 30 m más superficiales, N1+; Numero de golpes corregidos en el ensayo SPT

Fuente: E030 2018.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

Perfil tipo S0: Roca Dura

Corresponden a rocas sanas con valores de velocidad de corte Vs30 mayores a 1500 m/s.

(E030,2018)



Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos

Estos materiales corresponden a rocas con diferentes grados de fractura miento o macizos rocoso distribuidos de manera homogénea y suelos muy rígidos con velocidades de ondas de corte V_{s30} entre 500 m/s y 1500 m/s. (E030,2018)

Perfil tipo S2: Suelos intermedios

Son materiales que corresponden los suelos medianamente rígidos que presentan velocidades de onda de corte entre 180 y 500 m/s.(E030,2018)

Perfil tipo S3: Suelos Blandos

Son materiales que corresponden los suelos flexibles que presentan velocidades de onda de corte menor a 180 m/s. (E030,2018)

Perfil tipo S4: Condiciones Excepcionales.

Son materiales que corresponden los suelos extremadamente flexibles son áreas donde las condiciones geológicas y/o topográficas son muy desfavorables. (E030,2018)

- **INTERPRETACIÓN DE PERFILES SÍSMICOS**

La propagación de ondas que se producen artificialmente en el terreno con ello se pueden generar relaciones de las condiciones geológicas del subsuelo. Esta propagación de ondas depende de las condiciones elásticas y la densidad del material por el cual atraviesa.

La velocidad de transmisión presenta cambios cuando se tiene dos cuerpos geológicos y las ondas sufren refracción o reflexión según la ley de Snell. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).



Tabla 4 Descripción de materiales según velocidades Vp.

DESCRIPCION	Vp (m/s)
Suelo intemperizado	204-610
Grava o arena seca	460-915
Arena saturada	1220-1830
Arcilla saturada	910 a 2750
Agua	1430 a 1665
Agua de mar	1460 a 1525
Arenisca	1830 a 3960
Esquisto. Arcilla esquistosa	2750 a 4270
Tiza	1830 a 3960
Caliza	2134 a 6100
Granito	4575 a 5800
Roca metamórfica	3050 a 7000

Nota: Velocidades sísmicas de diferentes materiales.

Fuente: ASTM D5777 (1995)

Tabla 5 Descripción de materiales según velocidades Vp.

DESCRIPCION	Vp (m/s)
Arena suelta sobre manto freático	245-160
Suelo blando	<300
Arena suelta bajo el manto freático	45-1200
Arenas y gravas	300-1000
Arena suelta mezclada con grava	455-1065
Roca blanda, grava y arena	1000-2000
Grava suelta, húmeda	455-915
Roca compacta	2000-4000
Roca muy compacta	>4000

Nota: Velocidades sísmicas de diferentes materiales.

Fuente: Martínez Vargas A. (1990)

• METODOS ELECTRICOS

Una de las propiedades en rocas y suelos es la resistividad, esto depende de la litología, la estructura interna y el contenido de agua. El método eléctrico en la prospección geofísica utiliza la aplicación de corriente eléctrica continua en el terreno y registrar la respuesta de este midiendo el parámetro físico que es la resistividad, para luego realizar una interpretación final en función a las condiciones geológicas.

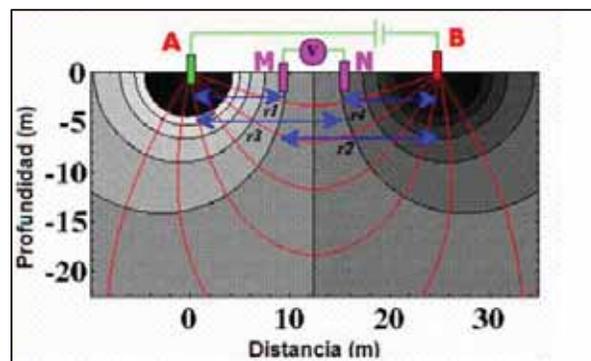
- **SONDEO ELECTRICO VERTICAL**

El método de resistividad eléctrica para exploración de suelos está comprendido dentro del grupo de los llamados Métodos Geofísicos, que proporcionan información rápida y económica, operando sobre la superficie del terreno. Se apoya, como lo indica su nombre, en medir la resistencia eléctrica que determinado tipo de suelo ofrece al paso de una corriente eléctrica inducida en su interior. Como dicha resistencia, medida en Ω -m, es muy variable dentro de un mismo tipo de suelo. (Orellana, 1982).

Es un método que proporciona información rápida y a la vez económica, se realiza desde la superficie del terreno con el objetivo de medir la resistencia eléctrica del terreno al paso de una corriente eléctrica inducida. Considera como unidades Ω -m.

La siguiente figura muestra el principio fundamental de la medida de resistividad del suelo. Este consiste en aplicar una corriente continua entre el par de electrodos AB midiéndose la tensión entre el par de electrodos MN. Para un medio homogéneo de resistividad. (Orellana, 1982).

Figura 7 Esquema de sondeo eléctrico vertical



Nota: Se muestra el esquema del sondeo eléctrico vertical. Adaptado de Orellana, 1982.



1.10.6. SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD

- **SEGURIDAD EN PRESAS**

(Autoridad Nacional del Agua, 2017), el libro titulado "Normas y Reglamentos de Seguridad de Presa en el Perú", que se utiliza como herramienta técnico-normativa y de evaluación a nivel nacional. El cual propone, monitorea y controla políticas, planes, programas, proyectos y normativas para el uso racional y sustentable del agua. Con esto se garantiza la seguridad y el estancamiento de la presa.

- **ESTANQUEIDAD DE EMBALSES**

Una de las condiciones fundamentales que reúne una presa es la estanqueidad, en algunos casos estos valores pueden ser tolerables, realizando un control adecuado de las condiciones de impermeabilidad. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

La construcción de una presa trae consigo la modificación de la condiciones hidrológicas e hidrogeológicas al momento de la inundación del valle que puede producir modificaciones en la hidrodinámica de los acuíferos haciendo que se produzca un flujo de agua desde el embalse de la presa hacia las partes fuera del vaso. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

1.11. MARCO CONCEPTUAL

- **CUENCA HIDROGRAFICA**

Desde el punto de vista hidrológico, una cuenca hidrográfica está definida como un área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que capta precipitaciones y drena el agua a través de una escorrentía hacia un receptor principal, denominado río principal. (Vásquez Absalón, 2016)



- **PRECIPITACION**

Es una forma de humedad concentrada en las nubes que llegan a la superficie terrestre en forma de lluvias, granizos, etc. Para la ingeniería hidrológica la precipitación es una fuente fundamental de agua en la superficie de la tierra, mediante el cual se realizan estudio para emplear su uso y su adecuado control. (Villón Béjar, 2002)

- **CAUDAL ECOLOGICO**

Se considera al flujo o esorrentía que debe ser mantenido considerados como fuentes naturales, con el objetivo de conservación de los ecosistemas, estéticas paisajísticas, interés científico o cultural. Ahora ya defino en la reglamentación mediante el documento que aprueba una metodología para caudales ecológicos (R.J. 154-2016-ANA).

- **ESCURRIMIENTO**

Se define al agua que se origina a partir de la precipitación y que discurre sobre o bajo la superficie terrestre llegando finalmente a la salida de una cuenca. (Mijares & Aparicio, s.f.)

- **DEFICIT DE AGUA**

El agricultor necesita agua en la finca para el consumo doméstico y también para la producción agrícola y el consumo animal. Esto implica una demanda de agua y conocer cuánta agua cuenta (lluvia, pozos, riachuelos, ríos, embalses, etc.) y elegir la técnica de captación más adecuada para satisfacer sus necesidades. (Fao, Fida, 2013).

- **ALVIADERO**

Se define como un vertedero, conducto, canal u otra estructura diseñada para consentir la descarga de los caudales de las crecientes cuando la estructura este llena. (Suarez Villar, 1982)

- **CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO**



Se denomina capacidad de carga admisible de una cimentación aquella carga que al ser aprovechada no provoque fallas o daños en la estructura a la que este soporte, aplicando un factor de seguridad. La capacidad de carga no solo está en función de las características del suelo, sino que depende del tipo de cimentación y del factor de seguridad adoptado (Patzán, 2009)

- **POROSIDAD**

La porosidad se define como la relación entre el volumen de huecos y el volumen total de una roca o suelo. Es considerado como un parámetro adimensional, dependiendo únicamente de la constitución de la roca o suelo, es decir de su textura, sin considerar la forma geométrica ni las condiciones de formación. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

- **CIMENTACION**

Se define como cimentación a la estructura conformada en la parte más baja de una estructura. Su función es trasladar la carga de la estructura al suelo sobre el que está construido. Para ello es necesario realizar un adecuado diseño y evitar generar una sobrecarga en el suelo, ya que implica generar una falla por asentamiento o falla por corte comprometiendo la estructura, para ello los profesionales utilizan como un parámetro fundamental la capacidad admisible del terreno. (Braja M., 2013)

- **VOLUMEN UTIL DE EMBALSE**

Se define como la diferencia del volumen total del embalse y el volumen muerto de acuerdo a la cota de captación. Es el volumen que puede descargarse por la estructura de servicio de acuerdo con el plan de operación anual de la presa. (MINAGRI, ANA, 2017)



1.12. MARCO REFERENCIAL

(De la cruz, 1995). Carta Geológica “**Geología de los cuadrángulos de Vellile, Yauri, Ayaviri y Azángaro 30-s, 30-t, 30-u, 30-v**”, Dicha información es descargada del INGEMMET, cuadrángulo 30-S, con el objetivo de usar esta información como guía para realizar el cartografiado geológico.

(Consultora y Constructora Montesinos S.C.R.L., 2019). Expediente técnico. “**Creación del servicio de agua del sistema de riego Querque en las comunidades de Ccollana, Casablanca, Ayacasi, Merquez y Urazana del distrito de Vellile- Chumbivilcas –Cusco**”, código inversión n° 2379280. El presente expediente está constituido por estudios multidisciplinarios, en los cuales se encuentra el estudio Geológico-Geotécnico; del cual se tomó información como las prospecciones geotécnicas, datos geofísicos y datos en general, este estudio pretende fundar una nueva presa para el aprovechamiento de las poblaciones beneficiarias.

(Proyecto especial sierra centro sur PESCS, 2016). Estudio hidrológico del proyecto “**Creación del servicio de agua del sistema de riego Querque en las comunidades de Ccollana, Casablanca, Ayacasi, Merquez y Urazana del distrito de Vellile - Chumbivilcas – Cusco**”, código inversión n° 2379280. este informe presenta un análisis hidrológico para el cálculo de balance hídrico.

(Gonzales Moreno & Sencia Gutiérrez, 2019), tesis. “**Estudio geologico y geotécnico para la construcción de la presa Ccomerccochoa, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas, Apurímac, 2019**”. El proyecto pertenece políticamente a la jurisdicción de la comunidad campesina de Acpitan, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas en el departamento de Apurímac. En cuanto a su geomorfología el área del proyecto la unidad geomorfológica valle, subunidad fonda de valle fluvio-glaciar, con un ancho promedio de 200. Configurado así por



desplazamiento de masas glaciares, en donde se formó la laguna Ccomerccochoa. Este estudio se toma como referencia porque se realizó para la construcción de una presa sobre depósitos morrénicos y todo el sector pertenece a un medio glaciar, en general el área de estudio tiene características similares a la zona de estudio que abordamos, como también se tomó en cuenta el cálculo hidrológico realizado tomando en consideración la oferta y demanda hídrica.

1.13. FASES DEL TRABAJO

Se han agrupado las actividades en total 5 etapas, los cuales se detallan a continuación:

FASE I: TRABAJO DE PRE-CAMPO 01

Recopilación de información bibliográfica de la zona de estudio. (Físico y digital)

Revisión de antecedentes de la zona de estudio. (Físico y digital)

Elaboración de mapas de pre-campo, mediante imágenes satelitales. (Arc. GIS, Imágenes Landsat)

Elaboración del mapa de ubicación y accesibilidad.

Elaboración de mapa topográfico base (información obtenida a partir del Geocatmin)

Elaboración de mapa geológico regional (información obtenida a partir del INGEMMET)

FASE II: TRABAJO DE CAMPO 01

Realización del mapeo geológico.

Realización del mapeo geomorfológico.

Realización del mapeo geológico estructural.

Realización del mapeo de fenómenos por geodinámica externa.

Determinaciones coordenadas UTM, de los ensayos geofísicos.

Realización del ensayo MASW, Refracción sísmica y SEVs.

Caracterización Geomecánica de los macizos rocosos en el vaso de la presa. (RMR)



FASE III: TRABAJO DE GABINETE 01

Elaboración del mapa a escalas regionales (Geológico, geomorfológico, geología estructural)

Elaboración del mapa geológico local.

Obtención de muestras de roca para descripción macroscópica, y registro de coordenadas UTM.

Elaboración del mapa de fenómenos por geodinámica externa.

Elaboración del mapa geomorfológico a partir de mapeo geomorfológico en campo e imágenes satelitales.

Realización de cálculos hidrológicos, parámetros morfométricos, clasificación de cuenca a partir de los datos de estaciones meteorológicas, imágenes satelitales y observaciones en campo.

Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la refracción sísmica, MASW y SEVs.

Planteamiento de calicatas y perforaciones a partir de los resultados obtenidos mediante prospección geofísica eléctrica y sísmica.

FASE IV TABAJO DE CAMPO 02

Corrección del mapa geomorfológico en campo.

Corrección del mapa geológico local en campo.

Análisis petrográfico macroscópico de las muestras recolectadas en campo.

Corrección del mapa de fenómenos por geodinámica externa.

Actualización del mapa hidrológico en campo.

Apertura de calicatas y muestreo.

Perforaciones diamantinas, muestreo y elaboración de logueo geotécnico.

Ensayos de permeabilidad.



FASE V TRABAJO DE GABINETE Y LABORATORIO

Análisis en laboratorio de las muestras de suelos y roca.

Elaboración de mapas finales (geológico, geomorfológico, hidrológico, geológico estructural.)

Análisis e interpretación de resultados de las muestras de rocas y suelos en laboratorio.

Análisis e interpretación de los ensayos de permeabilidad.

Análisis y cálculo de parámetros geotécnicos para el diseño de la presa.

Redacción del informe final de tesis.

1.14. EQUIPOS Y MATERIALES

- **Ácido clorhídrico**
- **Bolsas de muestra**
- **Brújula tipo Brunton**
- **Cámara fotográfica**
- **Cartas geológicas descargadas del INGEMMET**
- **Chaleco de ingeniero**
- **Colores, lápices, lapiceros**
- **Escalímetro**
- **Flexómetro de 5 metros**
- **GPS Garmin Etrex 10**
- **Imágenes Satelitales tipo Landsat**
- **Impresora**
- **Laptop**
- **Libreta de Campo**
- **Lupa de zoom 10x y 20x**
- **Mapa geomorfológico**
- **Pizarra acrílica**



- **Picota de geólogo**
- **Plano topográfico**
- **Plumones indelebles, acrílicos**
- **Radio Motorola PRO7150**
- **Rayador con péndulo**
- **Reglas**
- **Saquillos**
- **Tablero de Campo**
- **Wincha de 50 metros**



2. CAPITULO II -GEOMORFOLOGIA

2.1.GENERALIDADES

La geomorfología presente en la zona de estudio presenta gran variedad de unidades, que van desde terrenos muy accidentados de rangos de pendientes muy elevadas compuestas por litologías volcánicas que presentan una meteorización baja, hasta zonas muy llanas de rangos de pendientes bajas compuestas por acumulación de depósitos fluviales, glaciares, coluviales originados a partir de procesos morfodinámicos.

2.2.UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES

2.2.1. ALTIPLANICIES

Estas unidades geomorfológicas están ubicadas hacia el Norte y la zona Sur-Oeste del cuadrángulo de Velille, con mayor frecuencia en el cuadrángulo de Yauri, en estas unidades geomorfológicas se evidencia meandros y antiguos ríos. (Natalio De La Cruz B, 1995).

2.2.2. VALLES

Son geoformas residuales que presenta el cuadrángulo de Velille, estos están compuesto en su mayoría por depósitos morrenicos distribuidas en los flancos de los cerros. Existen valles de tipo “U” que se originaron a partir de acción glaciario. (Natalio De La Cruz B, 1995).

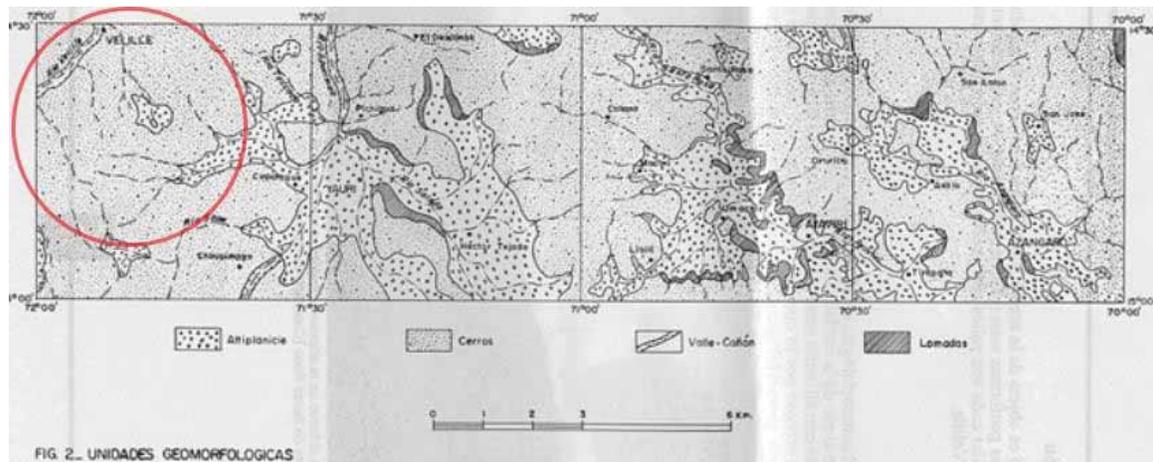
2.2.3. MONTAÑAS

Son elevaciones que encuentran entre los 4000 y 4500 m.s.n.m. los cuales han sido intervenidos por acción glacial, llegando a formar valles, con los flancos cubiertos por morrenas y depósitos glaciares, se encuentran ubicados hacia el Sur-Este y Oeste de la zona de estudio. Siendo las unidades geomorfológicas más predominantes en el cuadrángulo de Velille. (Natalio De La Cruz B, 1995).

2.2.4. LOMADAS

Están unidades geomorfológicas están entre los 4000 y 4200 m.s.n.m. éstas tienen pendientes suaves ubicadas al pie de montañas y en laderas de baja pendiente, en algunos casos aprovechados para la agricultura y la ganadería propia de la zona. (Natalio De La Cruz B, 1995).

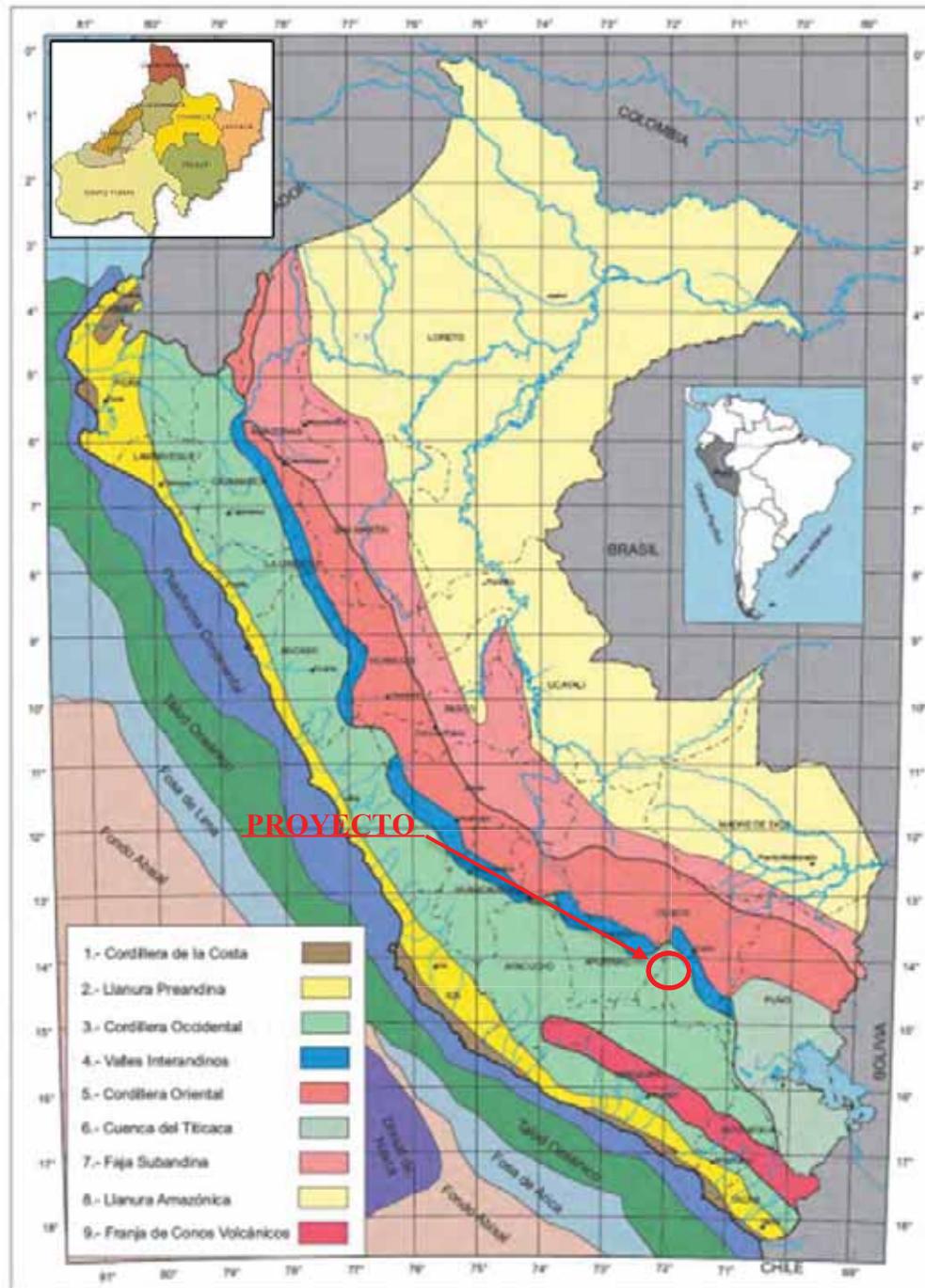
Figura 8 Geomorfología regional



Nota: Se muestra un recorte de la geomorfología regional, el área de estudio se encuentra delimitada por el círculo de color rojo, se observan unidades geomorfológicas clasificadas como cerros. Fuente: Adaptado de Cuadrángulo de Velille - Natalio De La Cruz B, 1995



Figura 9 Unidades morfoestructurales



Nota: Se observa la distribución de las unidades morfoestructurales en el Perú. Adaptado de MINEN, 2000.



2.3.GEOMORFOLOGIA LOCAL

Para determinar las unidades geomorfológicas locales se toma como referencia el cuadrángulo Velille - Natalio De La Cruz B, 1995 además la información del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica CIAF -Villota ,1997 el cual hace un análisis detallado a partir de las unidades fisiográficas las cuales incluyen niveles categóricos que va desde geoestructura, provincia fisiográfica, unidad climática, gran paisaje, paisaje, subpaisaje para obtener un mapa fisiográfico el cual será superpuesto con un mapa geológico, mapa de pendientes y luego con esta información obtener un mapa geomorfológico de la zona de estudio.

2.3.1. PENDIENTES

Para la elaboración de mapa de pendientes se utilizó un modelo de elevación digital elaborado a partir de curvas de nivel, se puede reconocer las ocho clases, en intervalos de pendientes según el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor.

Tabla 6 Clasificación de clases de pendientes

Clase de pendiente	Rango de pendiente	Descripción
A	0-2	Plana o casi nivel o allanada
B	2-4	Llano a ligeramente inclinado
C	4-8	Moderadamente inclinada
D	8-15	Fuertemente inclinada
E	15-25	Moderadamente inclinada
F	25-50	Empinada
G	50-75	Fuertemente empinada
H	Mas de 75	Extremadamente empinada

Nota: se muestra clase de pendiente, rango de pendiente en % y una descripción.

Fuente: Adaptado de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor



Por consiguiente, el área de estudio presenta pendiente de clase A con un área de 3.18 km² y un porcentaje de 5.0%, pendiente de clase B con un área de 2.33 km² y un porcentaje de 3.7%, pendiente de clase C con un área de 2.36 km² y un porcentaje de 3.8%, pendiente de clase D con un área de 8.96 km² y un porcentaje de 14.2%, pendiente de clase E con un área de 10.62 km² y un porcentaje de 16.9 %, pendiente de clase F con un área de 12.89 km² y un porcentaje de 20.5%, pendiente de clase G con un área de 12.71 km² y un porcentaje de 20.2% y una pendiente de clase H con un área de 9.92 km² y un porcentaje de 15.80 %.

Entonces se puede observar que la unidad hidrográfica presenta mayormente terrenos de pendiente EMPINADO Y MUY EMPINADO. Se muestra una tabla 6 con los datos mencionados.

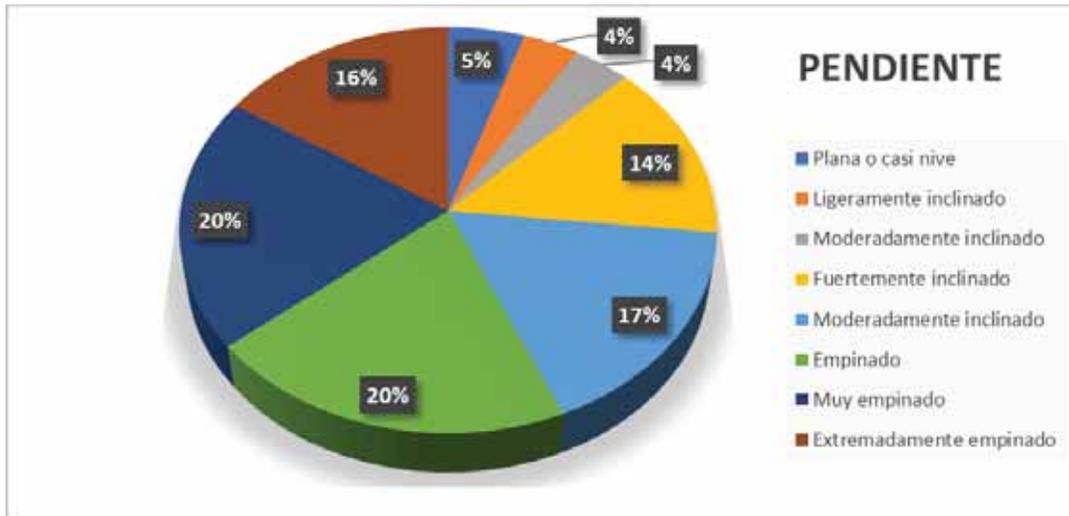
Tabla 7 Datos de clasificación de suelos según su uso.

CLASE	RANGO	PENDIENTE	AREA (km ²)	AREA (%)
A	0-2	Plana o casi nivel	3.18	5.0%
B	2-4	Ligeramente inclinado	2.33	3.7%
C	4-8	Moderadamente inclinado	2.36	3.8%
D	8-15	Fuertemente inclinado	8.96	14.2%
E	15-25	Moderadamente inclinado	10.62	16.9%
F	25-50	Empinado	12.89	20.5%
G	50-75	Muy empinado	12.71	20.2%
H	>75	Extremadamente empinado	9.92	15.8%
TOTAL			62.95	100.0%

Nota: Se muestran los datos en km² y Hectáreas, según la clase de pendientes.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Pendientes para el área de estudio.



Nota: Se muestra un diagrama en porcentajes de pendientes en la unidad hidrográfica.
(elaboración propia)

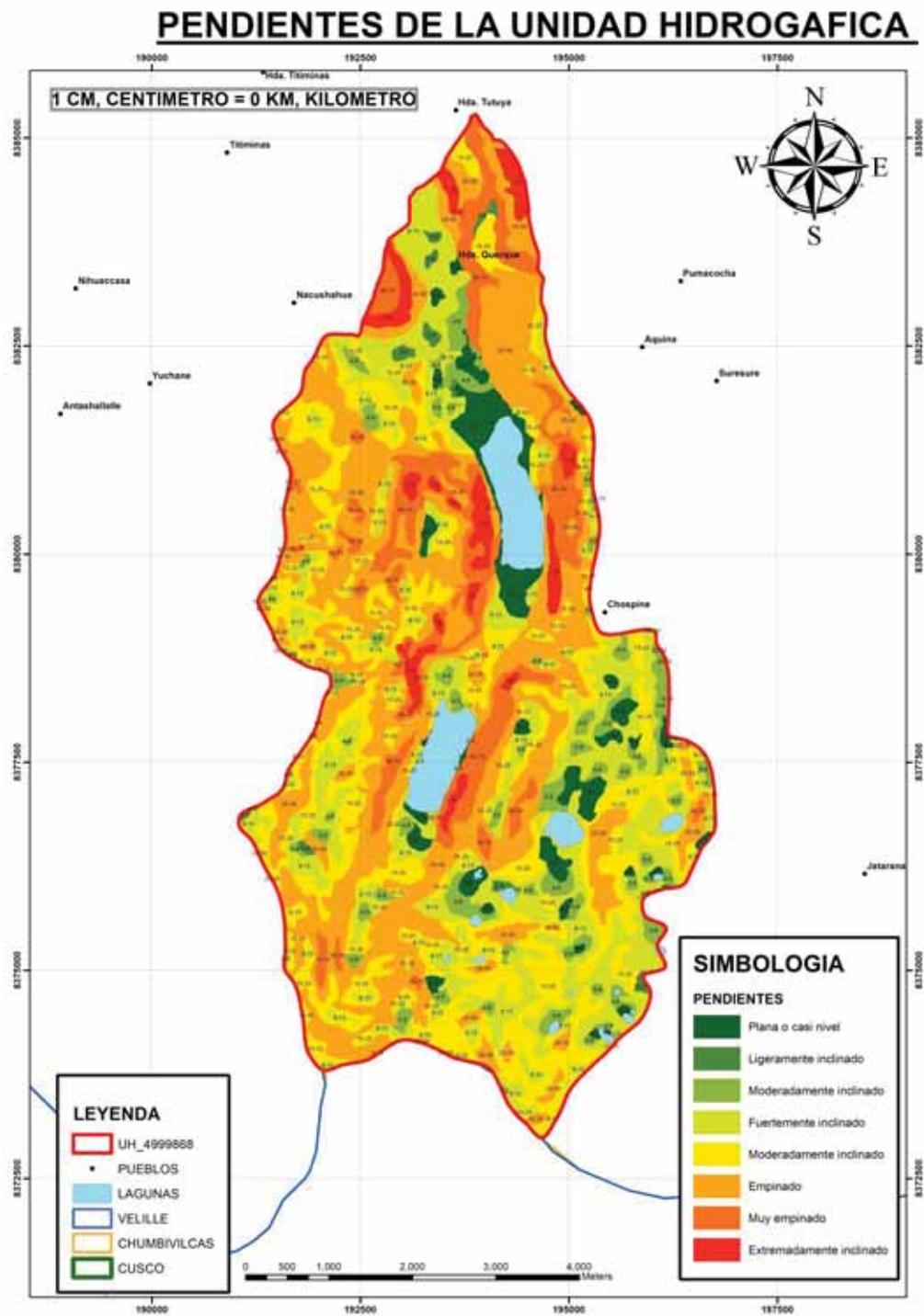
Figura 11 Rango de pendientes para el área de estudio.



Nota: Se muestra un diagrama de barras según el rango de pendientes, expresados e porcentajes al lado izquierdo del gráfico. (propia)



Figura 12 Pendientes de la unidad hidrográfica.



Nota: Elaboración propia.



2.3.2. TOPOGRAFIA

La topografía se generó cada 10 m para obtener un mayor detalle a la hora de realizar los mapas.

Se observa como cota mayor una altitud de 4920 msnm y la cota menor ubicada a 4300 msnm.

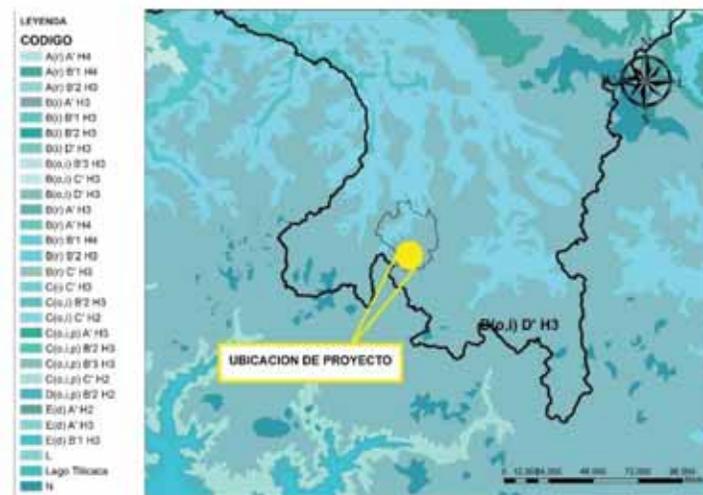
2.4. CLIMA Y VEGETACION

2.4.1. CLIMA

Según el SENAMHI, la zona de estudio presenta un clima lluvioso Semi-frigido (de Tundra) con el código B(o,i) D' H3, este tipo de clima está relacionado a la región andina, presentan altitudes desde 3500 msnm hasta los 6000 msnm, caracterizados por presentar precipitaciones anuales en promedio 700 mm y temperaturas anuales en promedio de 8 grados centígrados, con frecuencia presenta nieves en altas montañas, con veranos lluviosos e inviernos secos con heladas.

Según Villota (1997) corresponde a un clima muy frio húmedo.

Figura 13 Tipos de clima

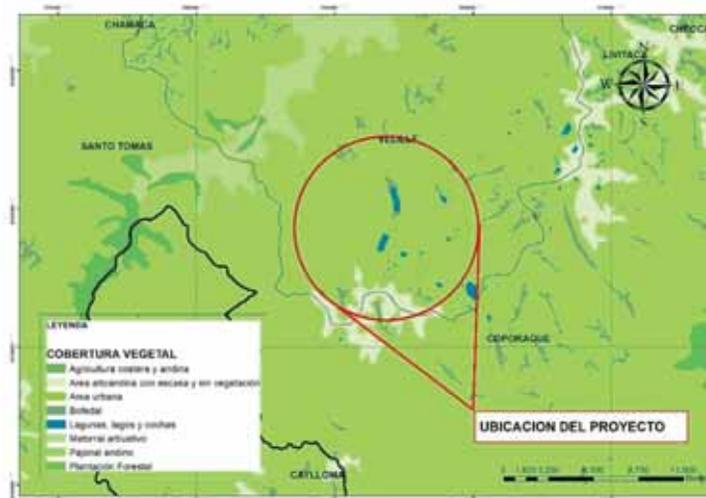


Nota: Se muestra el departamento de cusco delimitado de color negro y la ubicación del proyecto en el círculo amarillo. (Elaboración propia, datos obtenidos del SENAMHI).

2.4.2. VEGETACION

Según la información que presenta el MINAN, el área de estudio presenta cobertura vegetal de tipo pajonal andino, relacionado con la vegetación característica de un páramo, esta presenta paja en mayor cantidad, arbustos pequeños, hierba y llaretas(yaretas) de variadas dimensiones.

Figura 14 Tipos de vegetación



Nota. Se muestra un mapa de cobertura vegetal, la zona de estudios encuentra dentro del círculo de perímetro rojo, (Elaboración propia- datos obtenidos del MINAN)

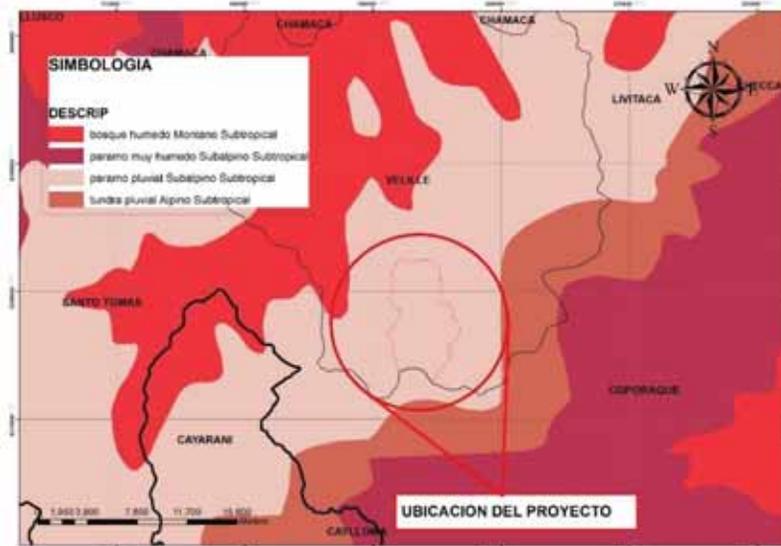
2.4.3. ZONAS DE VIDA

La información tomada del INRENA, paramo pluvial subandino subtropical, estos presentan climas húmedos y fríos que presentan una precipitación total anual variable entre los 600 mm y 1000 mm con temperaturas que varía entre los 3° C y 5° C, ubicados a una altitud entre los 4350 y 4750 msnm.

La vegetación en esta zona de vida es muy abundante y florística estas contienen arbustos y semiarbustos con hierbas de porte almohadillado, también la presencia de líquenes, puesto que

presentan topografía accidentada siendo un ambiente típico glacial, en cuanto a los animales se realiza el pastoreo indiscriminado de camélidos sudamericanos.

Figura 15 Zonas de vida.



Nota: Se muestra un mapa con las zonas de vida, la zona de estudio está dentro del círculo de perímetro rojo. (Elaboración propia-datos obtenidos del INRENA)

En consecuencia, la geomorfología está relacionada con el ambiente morfodinámico producto de la acción de un determinado clima. Siendo esta la segunda categoría de la clasificación fisiográfica. La zona de estudio presenta un clima homogéneo correspondiente a un clima lluvioso semifrígido, ello hace característico una zona de vida de tipo paramo subtropical desarrollado en ambiente mofoclimático glacial, se pueden observar depósitos morrenicos, fluvio-glaciares, coluviales y fluviales producto de una acción glacial.



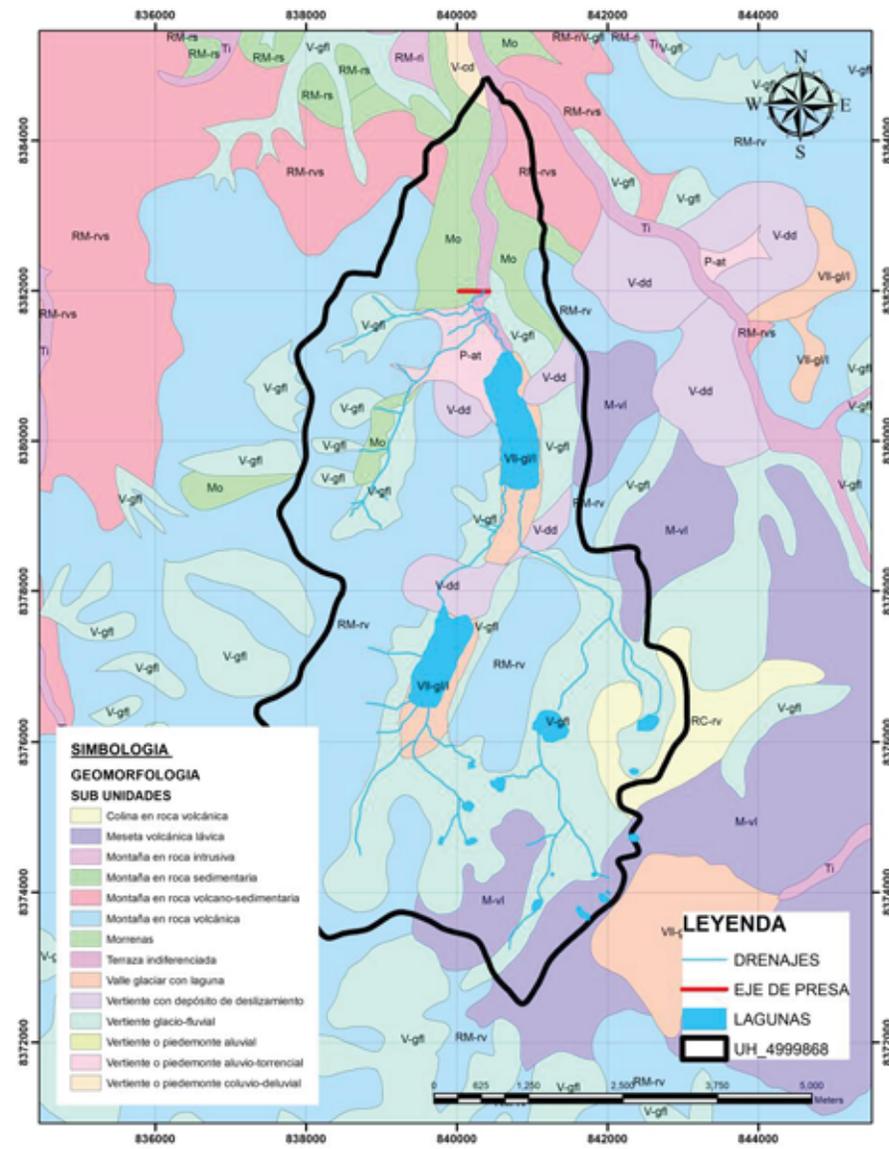
2.5. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES

Villota, 1997, plantea una metodología utilizada para obtener las unidades geomorfológicas de manera local, de acuerdo al Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica CIAF, hace un análisis más detallado a partir de las unidades fisiográficas las cuales incluyen niveles categóricos que relaciona un ambiente de mismas características morfogenéticas como el levantamiento de la cordillera Occidental dentro de una sola unidad climática lluviosa Semi-frígida (SENAMHI) y sus unidades paisajísticas a partir de la relación de características litológicas, morfodinámicas y edafológicas.

El análisis geomorfológico se realizó partir de la interpretación de imágenes de la superficie terrestre y mapeos realizados en campo, obteniendo paisajes fisiográficos montañosos.

Este paisaje fisiográfico tiene como componente el suelo y roca, por otra parte, es necesario conocer sus características morfológicas, químicas, físicas y mineralógicas, las cuales resultan de la interacción entre los componentes tales como el relieve, litología y cobertura vegetal en un determinado tiempo.

Figura 16 Subunidades de paisaje



Nota: se muestra las sub unidades paisajísticas, mapa elaborado con información shapefile del INGEMMET.

Se tomo en cuenta información propuesta por ZEE-MINAN, para considerar la denominación de montañas, ya que ocupan gran extensión en la zona de estudio. Por lo tanto, realizamos un mapa geomorfológico integrando la información del mapa fisiográfico y geológico de la zona de estudio.



Tabla 8 Unidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas para la unidad hidrográfica	Area (km2)	Area (%)
Cima de montaña baja denudacional extremadamente empinado depósitos lávicos (dacíticos)	1.52	3.89%
Cima de montaña baja denudacional extremadamente empinado tobas	0.60	1.53%
Cima de montaña baja denudacional muy empinado depósitos lávicos (dacíticos)	3.61	9.22%
Cima de montaña baja denudacional muy empinado tobas	0.39	0.98%
Fondo de valle denudacional fuertemente inclinado depósitos fluvioglaciares	0.32	0.81%
Fondo de valle denudacional fuertemente inclinado tobas	0.07	0.18%
Fondo de valle denudacional moderadamente inclinado depósitos fluvioglaciares	4.04	10.33%
Laderas de montaña baja denudacional empinado depósitos coluviales	2.65	6.77%
Laderas de montaña baja denudacional empinado depósitos lávicos (dacíticos)	0.77	1.97%
Laderas de montaña baja denudacional extremadamente empinado depósitos coluviales	1.66	4.24%
Laderas de montaña baja denudacional extremadamente empinado depósitos lávicos (dacíticos)	0.20	0.52%
Laderas de montaña baja denudacional moderadamente empinado depósitos coluviales	3.44	8.79%
Laderas de montaña baja denudacional moderadamente empinado depósitos lávicos (dacíticos)	7.54	19.28%
Laderas de montaña baja denudacional moderadamente empinado tobas	1.72	4.40%
Laderas de montaña baja denudacional muy empinado depósitos coluviales	2.74	7.03%
Laderas de montaña baja denudacional muy empinado depósitos lávicos (dacíticos)	2.52	6.44%
Mesetas agradacionales moderadamente inclinado depósitos coluviales	0.16	0.41%
Pie de montaña baja denudacional fuertemente inclinado deposito fluvial	0.08	0.21%
Pie de montaña baja denudacional fuertemente inclinado tobas	0.04	0.11%
Pie de montaña baja denudacional moderadamente inclinado depósitos coluviales	1.34	3.42%
Planicies agradacionales ligeramente inclinado depósitos morrenicos	0.30	0.77%
Planicies agradacionales moderadamente inclinado depósitos fluvioglaciares	2.54	6.49%
Quebrada denudacional fuertemente inclinado depósitos fluviales	0.08	0.21%
Quebrada denudacional muy empinado depósitos fluviales	0.78	2.00%
Total	39.1	100.00%

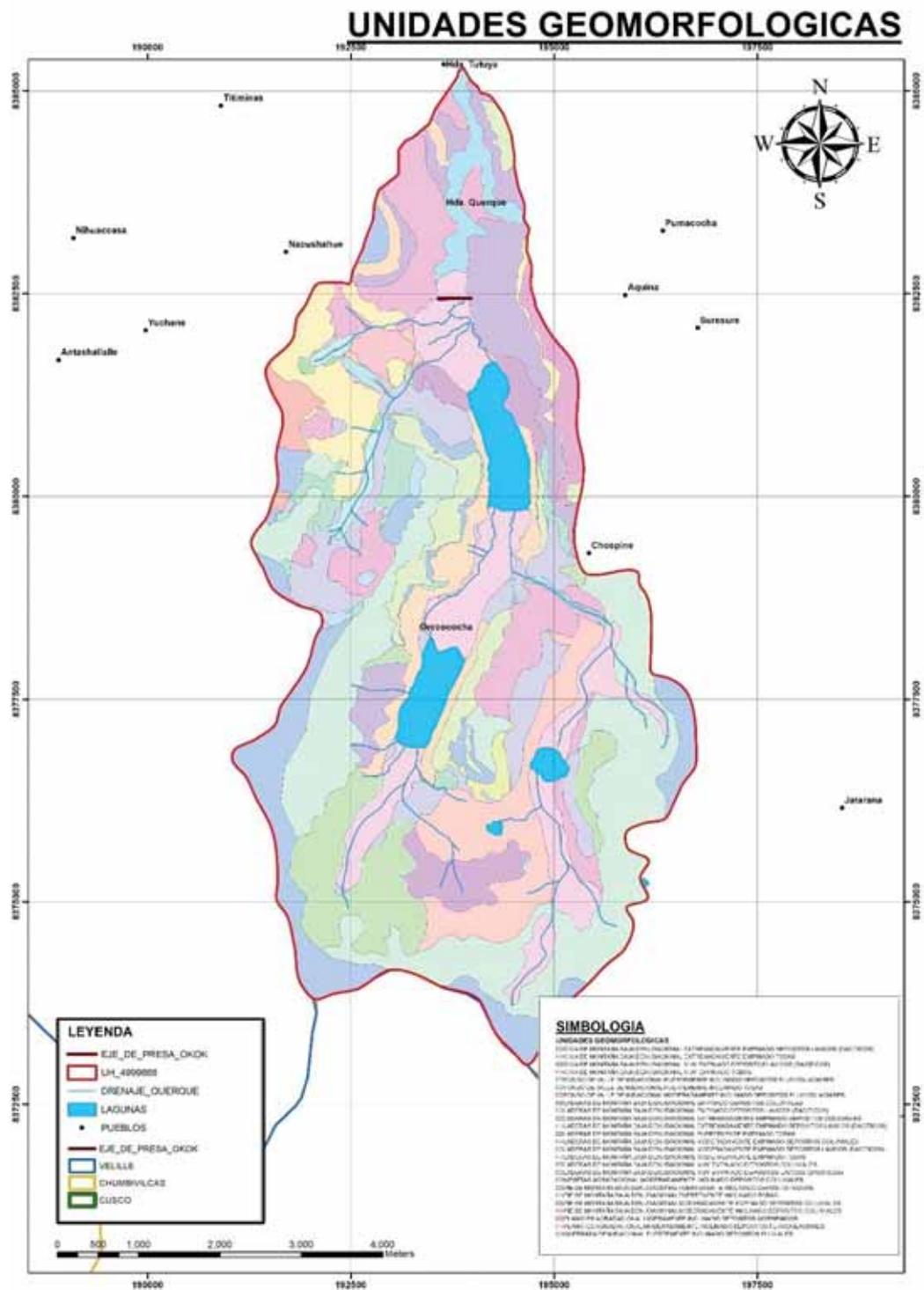
Nota: Se muestran las unidades geomorfológicas, áreas y porcentajes que representan en la unidad hidrográfica.

Fuente: Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica CIAF, Villota,1997

Se observa que la unidad hidrográfica presenta cimas de montaña baja denudacional muy empinado de depósitos lávicos (dacíticos) con un área de 3.61 km² y un porcentaje de 9.22 %, Fondo de valle denudacional moderadamente inclinado depósitos fluvioglaciares con un área de 4.04 km² y un porcentaje de 10.33 % y Laderas de montaña baja denudacional muy empinado depósitos coluviales con un área de 2.74 km² y un porcentaje de 7.03 % son las unidades más predominantes.



Figura 17 Unidades geomorfológicas.



Nota: Elaboración propia.

2.6.DECRIPCION DE ALGUNAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES

CIMA DE MONATAÑA BAJA DENUDACIONAL MUY EMPINADO VOLCANICO

Con un área de 3.690 km², con un 10.81 % del total de área de estudio, Ubicados hacia el Sur-Oeste, de litología volcánica. Estas unidades delimitan claramente el área de estudio, comprenden es su mayoría afloramientos rocosos.

Fotografía 1 Cima de montaña denudacional volcánico.



Nota: Se muestra cima de montaña en la parte superior de la fotografía, compuestas por afloramiento de rocas volcánicas. (Elaboración propia)

LADERA DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL EMPINADO VOLCANICO

Representa 3.414 km² y un porcentaje de 10.01 %, de composición volcánica, afloramientos rocosos afectados de manera débil por meteorización, en algunos lugares se encuentra cubiertos por depósitos coluviales con tamaño de gravas de composición volcánica muy variables en una matriz limosa.



Fotografía 2 Ladera de montaña baja denudacional empinado de depósitos coluviales



Nota: Se muestra ladera de montaña baja de depósitos coluviales. (Elaboración propia)

PLANICIE AGRADACIONAL MODERADAMENTE INCLINADO DE DEPOSITO FLUVIOGLACIAR

Tiene un área de 1.250 km² que representa un 3.66 %, cubiertas por material fluvio glaciar, fluvial y coluvial de origen volcánico. Esta unidad geomorfológica se presenta en la zona Sur-Este de la unidad hidrográfica cubierta por vegetación.

De baja pendiente, también se puede observar la presencia de bofedales.

Fotografía 3 Llanura agradacional fuertemente inclinado de depósitos fluvio-glaciares



Nota: Se muestra llanuras compuestas en su mayoría por depósitos fluviales, fluvio-glaciares.

QUEBRADA DENUDACIONAL FUERTEMENTE INCLINADO DEPOSITO FLUVIAL

Tiene un área total de 0.084 km² que representa un 0.25 % del área total de estudio, predominan depósitos fluviales y fluvio-glaciares. Esta se aprecia claramente por donde se proyectará el eje de presa, con una acción morfodinámica activa por acción del río proveniente de la laguna ubicada al Sur.



Fotografía 4 Quebrada



Nota: Se muestra una quebrada con presencia de escorrentía superficial.

3. CAPITULO III – LITOESTRATIGRAFIA

3.1.GENERALIDADES

La geología presente en la zona de estudio se encuentra entre el Mesozoico y Cenozoico que corresponden a los periodos de Cretáceo, Paleógeno, Neógeno y del cuaternario. Siendo la formación Casanuma y Huaycha correspondientes al Neógeno las formaciones que más predominan en la zona de estudio según la información del cuadrángulo 30-S Velille elaborado por Natalio De La Cruz B, 1995, presenta afloramientos de cuerpos plutónicos de Dioritas y Granodioritas correspondientes al Paleógeno, hacia el norte de la zona de estudio, en menor frecuencia la formación Arcurquina hacia el NE de la zona de estudio, de igual manera depósitos aluviales y fluvio-glaciares hacia el SO.

Cabe resaltar que se tiene con mayor frecuencia el afloramiento de rocas volcánicas andesíticas, en gran extensión del área de estudio, y su distribución como depósitos cuaternarios de la misma composición.



3.2.LITOLOGIA

Se presentan en mayor proporción rocas volcánicas aglomeradas de composición Dacítica con clastos volcánicos y Tobaceos en la parte superior, estas rocas gradan de color gris violáceo a verdoso, tobas dacíticas de color gris verdoso, las dataciones geocronológicas hechas mediante K/Ar en estas rocas relacionan una edad entre 18.9 ± 0.4 y 19.1 ± 0.3 m.a.; que corresponden al Mioceno Inferior realizadas por Noble, D. et al (1974).

Morrenas en menor proporción ubicadas en las quebradas, laderas y planicies que presentan clastos volcánicos de los grupos Tacaza y Barroso al igual de los depósitos aluviales.

3.3.ESTRATIGRAFIA

Para ello se utilizó la columna estratigráfica del Altiplano, donde se puede observar el grupo Barroso que presenta en su mayoría materiales piroclásticos, Tobas y algunas brechas volcánicas, se puede encontrar en algunos casos la discordancia angular con la formación Tacaza que presenta Tobas, Brechas y flujos Andesíticos en menor proporción.

Hacia el techo del grupo Barroso se encuentra la formación Azángaro limolitas y areniscas limosas.

Para el cuadrangulo de Velille 30-S, sobre el grupo Barroso del Neogeno se encuentran los depositos glaciares, fluvioglaciares y morrenicos del cuaternario.



Cuadro 8 Leyenda del cuadrángulo de Velille 30-S

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS PLUTONICAS	
C E N O Z O I C A	CUATERNARIO	HOLOCENA	Dep. Aluviales	Qr-al	
		PLEISTOCENA	Dep. Glaciofluvial	Qpl-glf	
			Dep. Morrenicos	Qpl-mo	
			Fm. Yauri	Qpl-y	
			Fm. Garza	Qpl-g	
			Gpo. Barroso	Estrato Volcan	
	Fm. Casanuma	N-ca			
	NEOGENO	PLIOCENA	Fm. Huaycha	N-hu	
		MIOCENA	Fm. Alpabamba	N-al	
	Gpo. Tacaza		Fm. Ichocollo	N-ich	
			Fm. Orcopampa	N-or	
	PALEOGENO	EOCENA PALEOCENA	Grupo Puno Disc. Ang.	P-pu	
			Fm. Arcurquina	Ki-ar	
MESOZOICA	CRETACEO	INFERIOR	Fm. Murco	Ki-m	
			Gpo. Yura	Fm. Hualhuani	Ki-hu
	JURASICO	SUPERIOR		Fm. Velille	Js-ve
			Microtonalita	Kp-to	
Diorita/Granodiorita	Kp-d/gd				

Nota: Se muestra las edades geológicas y las unidades litoestratigráficas descritas por Natalio De La Cruz B, 1995 (adaptado de Cuadrángulo Velille 30-S, INGEMET)



Figura 18 Columna estratigráfica de la región del Altiplano.

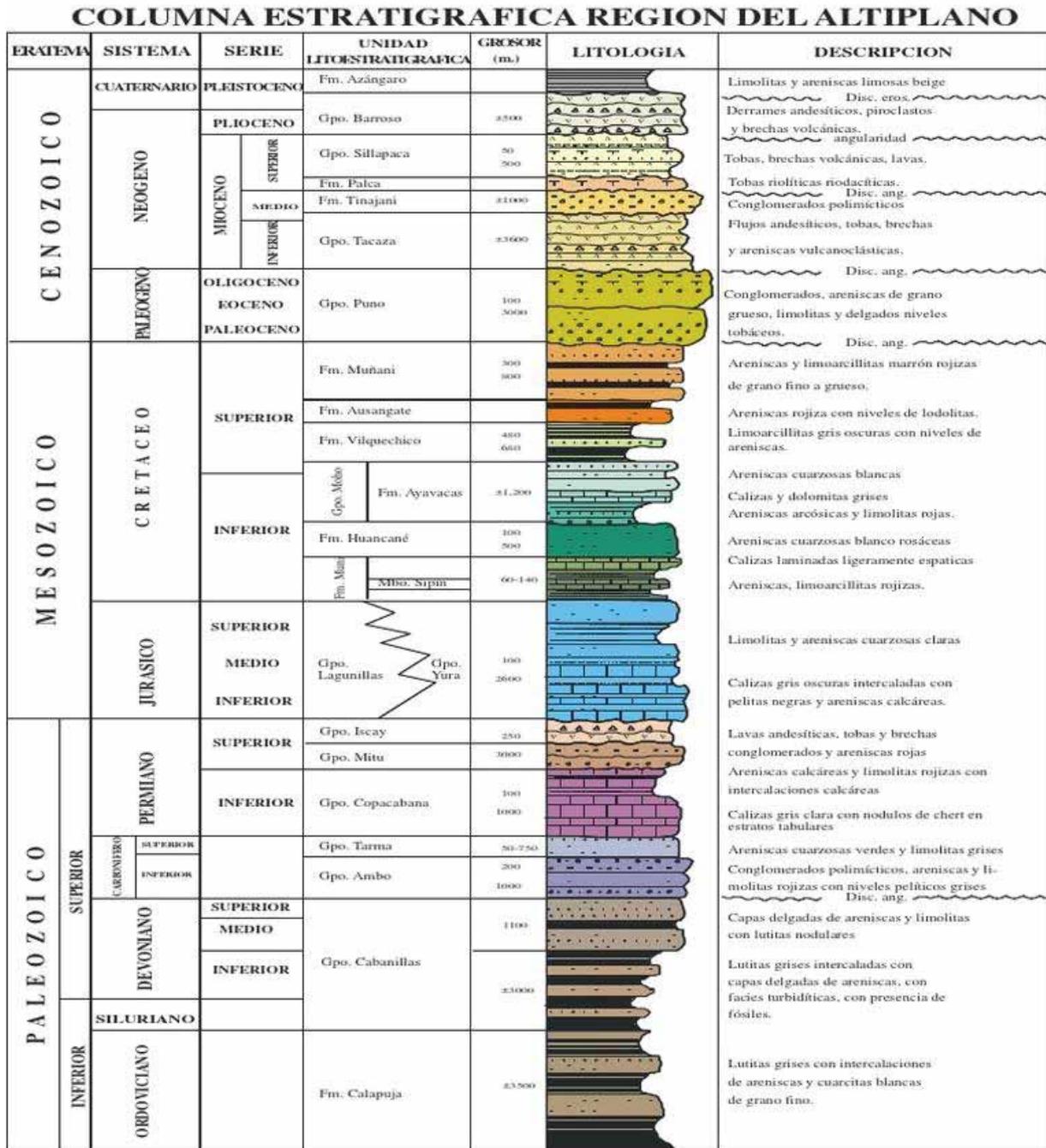


Fig. 3

Nota: Se muestran las unidades litoestratigraficas. (INGEMMET,1993)



3.4.UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS REGIONALES

3.4.1. ARENISCAS, FORMACION MURCO (Kis-mu)

Fue descrita por Jenks, W. F. y Benavides, V. en 1962 en el valle de Sigwas. Y posteriormente fue descrita en el cuadrángulo de Caillaoma y Livitaca por Davila, D. entre 1988 y 1994. Se puede apreciar al norte del cuadrángulo de Velille, esta aflora al sur de la hacienda de Chilloroya, esta presenta generalmente areniscas de color marrón rojiza en algunos casos limoarcillitas rojizas, presenta un espesor de 481 m aproximadamente, gran parte cubierto por material fluvial.

3.4.2. CALIZAS, FORMACION ARCURQUINA (Ki-Ar)

Esta formación fue descrita en Arequipa por Jenks, W.F. (op. cit) y Benavides, V. (op. cit). Se encuentra conformado secuencias calcáreas en la quebrada Queñuhayo del cuadrángulo de Arequipa. (Natalio De La Cruz B, 1995)

Se presentan con mayor frecuencia en la parte NE de cuadrángulo de Velille 30-S realizadas por Natalio de la Cruz B. La mayoría de sus afloramientos están formados por calizas de aspecto masivo de gris azulinas a excepción de los afloramientos del Sur de Ccanco Ccala (8384-183). En el cuadrángulo de Yauri los estos afloramientos de caliza se encuentran cerca de la mina Tintaya estas presentan características similares con las calizas que se del cuadrángulo de Velille, en la parte Norte del cuadrángulo de Yauri y Noroeste del cuadrángulo de Ayaviri. (Natalio De La Cruz B, 1995)



3.4.3. GRUPO TACAZA

ANDESITAS, FORMACION ICHOCOLLO (Nm-ich)

Esta formación se describió en el cuadrángulo de Cailloma por Davila, D. esta formación aflora generalmente hacia el sur del cuadrángulo de Velille, y cerca al cuadrángulo de Caylloma, se encuentra compuesto por flujos lávicos andesíticos y andesíticos basálticos, compuestos por biotitas y en algunos casos fenocristales de plagioclasa con baja seritización.

TOBAS, FORMACION ORCOPAMPA (Nm-or)

Está ubicada hacia el sur del distrito de Velille, tiene un grosor aproximado de 1 km donde la parte superior presenta capas compactas de piroclastos Tobaceos y clastos de composición porfirita con minerales de Hornblenda, Piroxeno y Biotitas. Y en la parte inferior estratos aglomeradicos de rocas dacíticas que varían de un color gris violáceo a un gris verdoso y clastos volcánicos de aproximadamente 5 cm. (Natalio De La Cruz B, 1995).

Estos afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos morrenicos de material fluvio-glaciar que se pueden encontrar en el fondo de quebradas.

3.4.4. GRUPO BARROSO (NQ)

VOLCANICOS, FORMACION HUAYCHA (N-hu)

Perteneciente al grupo Barroso representa gran parte del cuadrángulo de Velille, conformado por rocas lávicas y tobas de depósitos volcánicos en el cuadrángulo de Caylloma y Condoroma orientados de Sur a Norte. Compuesto de dos fases efusivas la primera al Noreste del cerro Huaycha del cual proviene el nombre de la formación Huaycha y la segunda fase forma parte de la cadena de cerros de Poccotera-Llacahuani, Lacle Orcco, etc. (Natalio De La Cruz B, 1995).

Se considera que el grupo Barroso se encuentran en discordancia con el grupo Tacaza, y aguas más arriba del pueblo de Velille sobre yace aglomerados de la formación Orcocopampa.



Ubicada hacia el noreste del cuadrángulo de Velille en el paraje de Huaycha representa una secuencia de toba rosada, toba blanquecina que contiene clastos de andesitas entre 2 y 5 cm, tobas riolítica gris blanquecinas de grano grueso, tobas dacítica con fenocristales de plagioclasas, toba limolítica de color rojizo blanquecino de grano fino y aglomerados brechoides con una matriz piroclástica areniscosa, con mayor abundancia se encuentran tobas dacíticas en la parte inferior que muestran fenocristales de plagioclasas fracturadas (oligoclasas-andesina), biotita, cuarzo rellenas con por minerales de arcillas (montmorillonita). (Natalio De La Cruz B, 1995).

La base de la formación también incluye cuerpos de basalto de augita dispersa glomeroporfírica en una matriz semiholocristalina (feldespato microlítico y olivino, augita alterados a iddingsita) de textura traquítica. (Natalio De La Cruz B, 1995).

3.4.5. CUERPOS PLUTONICOS

DIORITA/GRANODIORITA(Kp-d/gd)

Se encuentran varios cuerpos plutónicos de naturaleza intrusiva que afloran como cuerpos intrusivos pequeños, relacionadas a una edad de emplazamiento de Cretáceo superior y Neógeno.

El Velille se encuentra la parte meridional del Batolito de Abancay que tiene una composición diorita, granodiorita y granítica emplazados sobre una secuencia Cretácica. La cual ha sido afectada por una meteorización. (Natalio De La Cruz B, 1995).

La información del cuadrángulo de Velille 30-S elaborada por Natalio de la Cruz B. hace referencia de una muestra tomada en el sector de Huamantata, al suroeste de Velille cerca de la zona de estudio una muestra de color negro grisáceo de grano medio a fino de igual manera bastante meteorizada que corresponde a una diorita de biotita y hornblenda, con minerales ferromagnesianos alterados. (Natalio De La Cruz B, 1995).



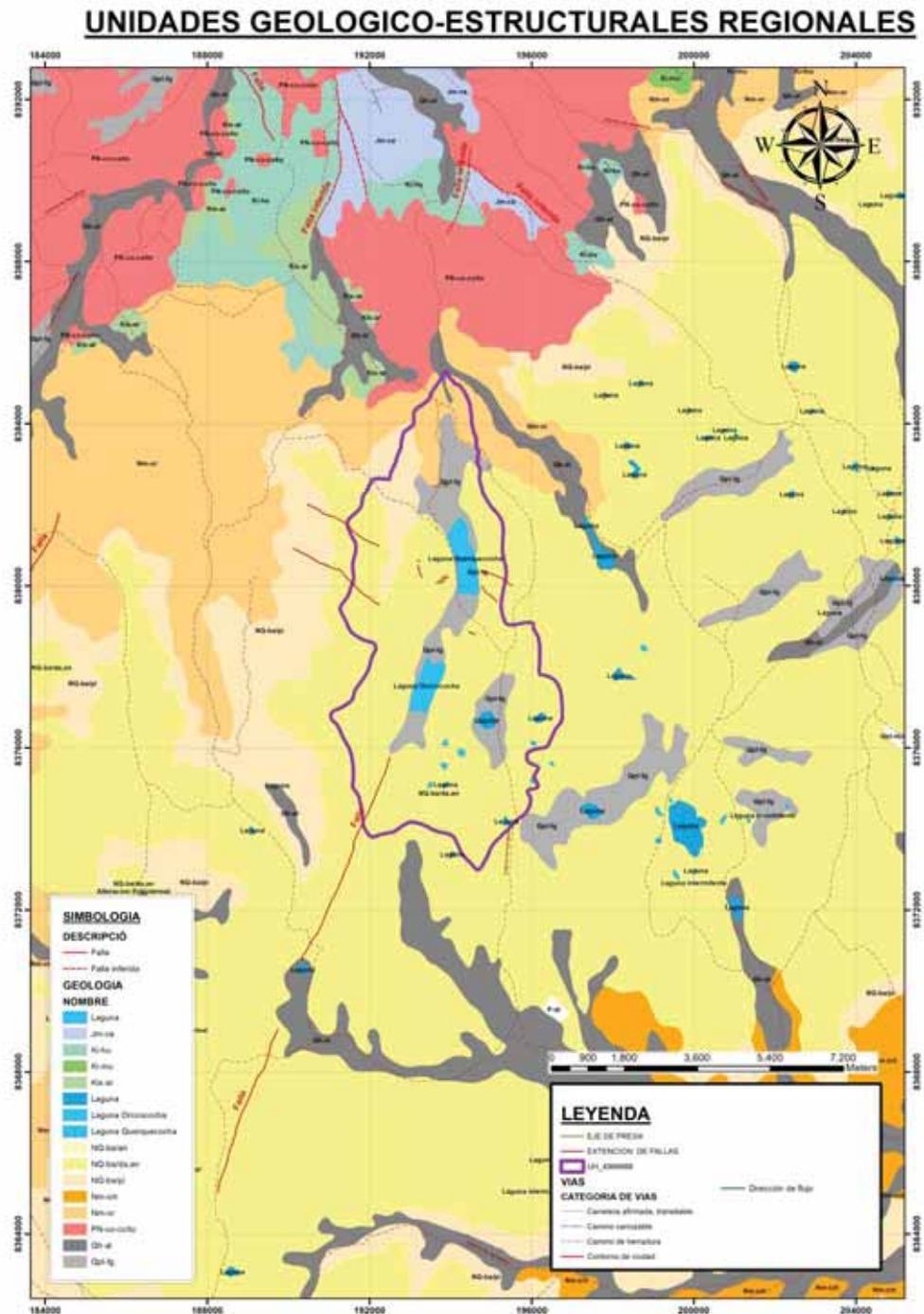
3.4.6. DEPOSITOS GLACIOFLUVIALES(Qpl-glf)

Forman terrazas hacia los flancos de los ríos principales de Velille (Arenas, Ichucuña, Velille, Cangalle, Chilloroya, Huayllumayo), los cuales presentan una composición litología de clastos de rocas volcánicas, sedimentarias e ígneas en una cantidad menor. (Natalio De La Cruz B, 1995.)

3.4.7. DEPOSITOS ALUVIALES(Qr-al)

Estos materiales se presentan en el lecho de los ríos, así como en quebradas los cuales se presentan en variados tamaños que van desde arcillas hasta gravas. (Natalio De La Cruz B, 1995).

Figura 19 Mapa geológico regional de la zona de estudio.



Nota: Se elabora un mapa donde se observan las unidades litoestratigráficas, en la parte central se puede observar la laguna Querquecocha (Elaboración propia con datos obtenidos del INGEMET)

Br. Chara Holguin Jefferson.
Br. Soncco Mamani Yozman Edison.



3.5.UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS LOCALES

3.5.1. GRUPO BARROSO (NQ)

Corresponde al Cenozoico, sistema Neógeno en la serie del Plioceno, Se pueden diferenciar dos unidades geológicas, la formación Huaycha, que en su mayoría presentan depósitos tobaceos y la formación Casanuma que se relacionan a flujos lávicos y también brechoides.

Constituyen secuencias de tobas de varias composiciones en algunos casos intercalados con flujos lávicos que presentan disyunciones de composición andesítica con algunos fenocristales de Lapillis.

3.5.2. FORMACION HUAYCHA (N-hu)

Ubicado en el Cenozoico, sistema neógeno en la zona inferior del plioceno, considerado como la primera fase del grupo Barroso tomando en cuenta la información del cuadrángulo de Velille elaborado por Natalio de la Cruz,1995.

Corresponden en su mayoría a tobas de diferente composición, se realizó descripción macroscópica a diferentes muestras obtenidas en campo de las cuales se determinaron como Toba con clastos de Andesita y pueden observar micas de Biotita y Hornblenda intemperizados, esta muestra presenta las coordenadas Este 193558 y Norte 8376737, tobas Daciticas con fenocristales de Lapillis ubicadas en las coordenadas Este 194726 y Norte 8381253. La potencia estimada es aproximadamente de 180 m.

Intercalados en algunos sectores con tobas de Lapillis, Tobas de color crema blanquecinas.

Fotografía 5 Depósitos volcánicos estratificados.



Nota: Se muestran intercalaciones de toba, lapilli y brechas volcánicas, de color gris blanquesinos. (Elaboración propia).

Se han reconocido tres muestras las cuales se detallan en los cuadros a continuación:

Cuadro 9 Descripción macroscópica 01

DESCRIPCION MACROSCOPICA					
MUESTRA:	M-01	CORDENADAS:	X	Y	Z
COLOR:	CREMA BLANQUESINO		194273.221	8382092.359	4560.34
TIPO:	IGNEA-VOLCANICA EXTRUSIVA		ZONA:	19L WGS 84	
TEXTURA:	POROSA				
OCURRENCIA:	ACUMULACION DE CENIZAS VOLCANICAS Y ENFRIAMIENTO RAPIDO				
COMPOSICION MINERALOGICA:	CUARZO				
	BIOTITA				
	VIDRIO VOLCANICO MATRIZ AFANITICA				
ALTERACION:	NO PRESENTA				
OBSERVACIONES:	SE OBSERVAN LAMINACIONES DE LA SEDIMENTACION DE LAS CENIZAS, ALGUNOS CLASTOS DE LAPILLI				
NOMBRE:	TOBA				

Nota: Se describe ciertos aspectos macroscópicos de las muestras obtenidas en campo(propia).



Cuadro 10 Descripción macroscópica 02

DESCRIPCION MACROSCOPICA					
MUESTRA:	M-02	CORDENADAS:	X	Y	Z
COLOR:	CREMA BLANQUESINO		193558.315	8376737.203	4876.67
TIPO:	IGNEA-VOLCANICA EXTRUSIVA	ZONA:	19L WGS 84		
TEXTURA:	POROSA-GRANULAR				
OCURRENCIA:	ENFRIAMIENTO DE FLUJOS LAVICOS				
COMPOSICION MINERALOGICA:	PLAGOCLASA				
	BIOTITA				
	CUARZO				
	MATRIZ AFANITICA				
ALTERACION:	BAJA (MINERALES DE HIERRRO)				
OBSERVACIONES:	SE PUEDE OBSERVA CON MAYOR CONSISTENCIA Y APARENTEMENTE DE AMYOR DENSIDAD, PRESENTA ALGUNO MINERALES DE BIOTITA ALTERADOS.				
NOMBRE:	TOBA DACITICA				

Nota: Se describe ciertos aspectos macroscópicos de las muestras obtenidas en campo(propia).

Cuadro 11 Descripción macroscópica 03

DESCRIPCION MACROSCOPICA					
MUESTRA:	M-03	CORDENADAS:	X	Y	Z
COLOR:	MARROZ CLARO		194726.982	8381253.629	4598.12
TIPO:	IGNEA-VOLCANICA PIROCLASTICA	ZONA:	19L WGS 84		
TEXTURA:	GRANULAR				
OCURRENCIA:	CLASTOS PIROCLASTICOS A PARTIR DE LA FRAGMENTACION DE LAVA				
COMPOSICION MINERALOGICA:	PLAGOCLASA				
	BIOTITA				
	CUARZO				
	MATRIZ AFANITICA				
ALTERACION:	BAJA				
OBSERVACIONES:	SE OBSERVA FRAGMENTOS EN PROMEDIO DE 2 A 3 CM, DE COLORES CLAROS POR EL BAJO PORCENTAJE DE MNERALE SFERROSOS.				
NOMBRE:	LAPILLI				

Nota: Se describe ciertos aspectos macroscópicos de las muestras obtenidas en campo(propia).

3.5.3. FORMACION CASANUMA (N-ca)

Corresponde al Cenozoico, sistema Neógeno en la parte superior de la serie del Plioceno considerada como la segunda fase del Grupo Barroso. Se ha reconocido muestras las cuales se relaciona a flujos de lava, brechas volcánicas, rocas piroclásticas y algunos aglomerados de baja oxidación por el bajo porcentaje de minerales ferrosos, se pueden observar en algunos sectores intercalados con Tobas y depósitos de cenizas volcánicas de color claro, con mayor frecuencia hacia el Sur de la zona de estudio donde se puede observar potencias muy marcadas de tobas que se intercalan con los flujos de lava Andesítica en su mayoría. (Natalio De La Cruz B, 1995)

Se realizaron una descripción macroscópica a las muestras obtenidas en campo, una Andesita en las coordenadas Este 193558 y Norte 8376737, Brecha volcánica en las coordenadas Este 193118 y Norte 8378300, estos afloramientos se encuentran ubicados en las laderas de montaña al lado Este que delimitan la laguna Querquecocha.

Fotografía 6 Brechas volcánicas.



Nota: Se observan aglomerados con una potencia aproximadas de 40 cm, cubiertas por material coluvio-fluvial. (Elaboración propia).

Fotografía 7 Muestra de roca volcánica.



Nota: Se realizo el muestreo de roca, en la fotografía se observa una andesita. (Elaboración Propia)

Se obtuvieron dos muestras de campo la cuales se detallan.

Cuadro 12 Descripción macroscópica 04

DESCRIPCION MACROSCOPICA					
MUESTRA:	M-04	CORDENADAS:	X	Y	Z
COLOR:	CREMA CLARO		193558.315	8376737.203	4876.67
TIPO:	IGNEA-VOLCANICA		ZONA:	19L WGS 84	
TEXTURA:	AFANITICA-HIPOCRISTALINA				
OCURRENCIA:	ENFRIAMIENTO DE FLUJOS LAVICOS				
COMPOSICION MINERALOGICA:	PLAGOCLASA BIOTITA CUARZO MATRIZ AFANITICA				
ALTERACION:	BAJA (MINERALES DE HIERRO)				
OBSERVACIONES:	EL COLOR DE LA ROCA HACE NOTAR LA BAJA CANTIDAD DE MINERALES FERROSOS, SE OBSERVAN FLUJOS LAVICOS MUY MARCADOS Y TAMBIEN LA PRESENCIA DE VIDIO VOLCANICO EN FORMA DE COSTRAS.				
NOMBRE:	ANDESITA				

Nota: Se describe ciertos aspectos macroscópicos de las muestras obtenidas en campo(propia).



Cuadro 13 Descripción macroscópica 05

DESCRIPCION MACROSCOPICA					
MUESTRA:	M-04	CORDENADAS:	X	Y	Z
COLOR:	MARRON ROJIZO		193118.974	8378300.211	4780.34
TIPO:	IGNEA-VOLCANICA	ZONA:	19L WGS 84		
TEXTURA:	PORFIDICA				
OCURRENCIA:	ENFRIAMIENTO DE FLUJOS LAVICOS Y CLASTOS DEPOSITADOS				
COMPOSICION MINERALOGICA:	PLAGOCLASA				
	BIOTITA				
	CUARZO				
	SERICITA				
	MATRIZ AFANITICA-MICROCRISTALINA				
ALTERACION:	BAJA				
OBSERVACIONES:	SE PUEDEN OBSERVAR CLASTOS D ELAPILLI DE COMPOCISION ANDESITICA, LA PRESENCIA BAJA DE OXIDOS DE HIERRO HACE NOTAR UN COLOR ROJIZO, CLASTOS DE ANDESITA POCO DIFERENCIADOS DE 2-5 CM DE DIAMETRO				
NOMBRE:	BRECHA VOLCANICA				

Nota: Se describe ciertos aspectos macroscópicos de las muestras obtenidas en campo(propia).

Cuadro 14 Descripción macroscópica 06

DESCRIPCION MACROSCOPICA					
MUESTRA:	M-04	CORDENADAS:	X	Y	Z
COLOR:	GRIS VIOLACEO		193115.974	8378560.211	4780.34
TIPO:	IGNEA-VOLCANICA	ZONA:	19L WGS 84		
TEXTURA:	VESICULAR POROSA				
OCURRENCIA:	ENFRIAMIENTO BRUSCO DE FLUJOS LAVICOS Y CLASTOS DEPOSITADOS				
COMPOSICION MINERALOGICA:	MATRIZ AFANITICA-MICROCRISTALINA				
	BIOTITA				
	VIDRIO VOLCANICO				
ALTERACION:	BAJA				
OBSERVACIONES:	SE PUEDE OBSERVAR GRAN PORTENTAJE DE POROS, OXIDOS DE COLOR ANARANJADO, PRESENTA UNA ORIENTACION EN EL FRUJO DE LA LAVA.				
NOMBRE:	POMEZ				

Nota: Se describe ciertos aspectos macroscópicos de las muestras obtenidas en campo(propia).

3.6.DEPOSITOS CUATERNARIOS

DEPOSITOS FLUVIOGLACIARES (Qpl-glf)

Estos fueron depositados en la parte baja de las laderas, pie de montaña y planicies, presentan clastos subredondeados a redondeados de composición volcánica de variados tamaños. Representan una extensión muy amplia en la parte central hacia el Oeste de la zona de estudio.

Fotografía 8 Depósitos fluvioglaciares.



Nota: Se muestran depósitos fluvioglaciares en la parte inferior del valle y los pies de colina, se observan en el trayecto del corte del camino. (Elaboración propia).

3.6.1. DEPOSITOS MORRENICOS (Qpl-mo)

Estas acumulaciones se pueden observar en laderas y pie de montaña, estas corresponden a morrenas laterales y en algunos sectores se pueden encontrar en la parte central de los cauces estas se encuentran con mayor frecuencia en la parte media de la zona de estudio. Los fragmentos corresponden a rocas volcánicas de composición andesítica.

Fotografía 9 Depósitos morrenicos.



Nota: Se encuentran demarcados por las líneas de color rojo, distribuidas en su mayoría en laderas de colina y montañas. (Elaboración propia)

3.6.2. DEPOSITOS COLUVIALES (Qr-co)

Ubicados en las laderas de montaña, representan acumulaciones de fragmentos angulosos de variados tamaños de composición volcánica contenidas en una matriz limosa.

La mayor parte se encuentra cubierta por vegetación, pero se puede observar claramente en canales provocados por escorrentía intermitente.

Fotografía 10 Depósitos coluviales.



Nota: Se muestran depósitos coluviales, clastos angulosos a subangulosos de rocas volcánicas, distribuidas en su mayoría en ladera de montaña o pie de montaña. (Elaboración propia)

3.6.3. DEPOSITOS FLUVIALES (Qr-fl)

Ubicados en los cauces de ríos que son permanentes, se presentan de mayor frecuencia hacia el Norte de la zona de estudio, cerca de la ubicación del proyecto. Sus clastos redondeados de rocas volcánicas, de potencias menores en relación a los demás depósitos cuaternarios.

Fotografía 11 Depósitos fluviales.



Nota: Depósitos fluviales de diferentes composición y tamaños variados, distribuidos en los fondos de valle con frecuencia. (Elaboración propia).

En los trabajos realizados en campo es complicado determinar el contacto entre la formación Huaycha y la formación Casanuma, el relieve que presenta la zona de estudio se encuentra cubierto por depósitos cuaternarios lo cual dificulta su reconocimiento.

Teniendo en cuenta las litologías descritas macroscópicamente, diferenciamos flujos lávicos de Andesitas y Tobas, ambos distribuidos en montañas separadas por un valle cubierto por depósitos fluviales y coluviales.

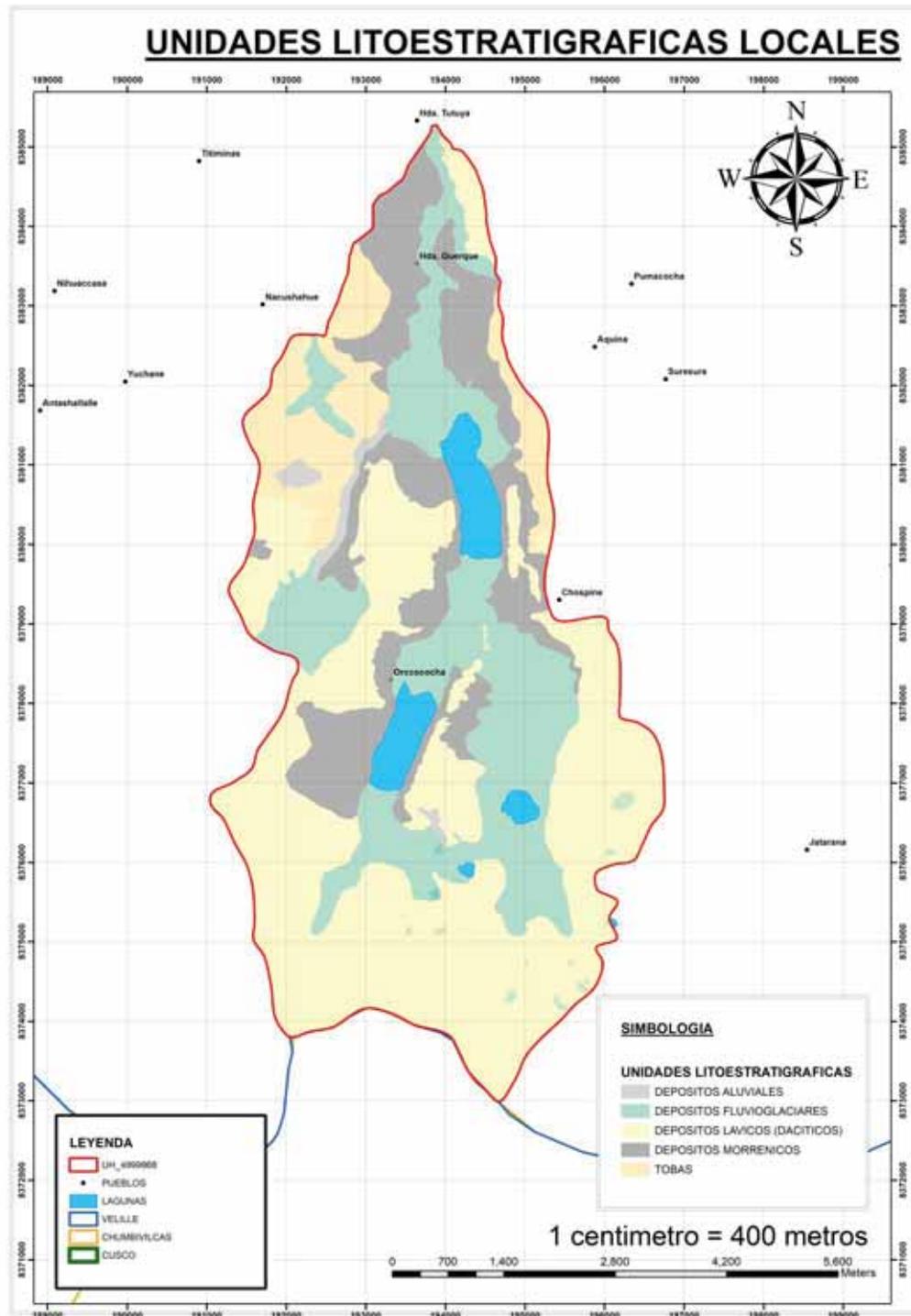
Se muestra una fotografía en dirección Este-Oeste, se reconoció formaciones Huaycha, Casanuma y depósitos cuaternarios.

Fotografía 12 Unidades litoestratigráficas



Nota: Se muestran las observaciones litoestratigráficas, presentes en la zona de estudio, así como depósitos cuaternarios dispuestos en la zona de altiplanicie.

Figura 20 Unidades litoestratigráficas locales



Nota: Se muestran las unidades litoestratigráficas locales en la zona de estudio Elaboración propia. Ver el mapa en los anexos.



4. CAPITULO IV – GEOLOGIA ESTRUCTURAL

4.1.GENERALIDADES

El cuadrángulo de Velille 30-S contempla cinco dominios estructurales de la cordillera Occidental donde se ubican las cuencas: cuenca Yura, Alto de Yauri, Altiplano, Alto de Azangaro-Ayaviri y La Cuenca Putina. El área de estudio se encuentra ubicada en la cuenca de Velille. Resultante de los esfuerzos distorsivos y compresivos durante las fases mencionadas, algunas afectaron a rocas sedimentarias del Cretaceo-Paleogeno y rocas volcánicas del Permiano al Mesozoico.

Los rangos de pendiente altos en el área de estudio hacen posible la existencia de fenómenos geodinámicos externos por caída de rocas, flujo de detritos. No se encuentran estructuras geológicas como fallas o pliegues que representen un potencial peligro en la evaluación del proyecto.

4.2.GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

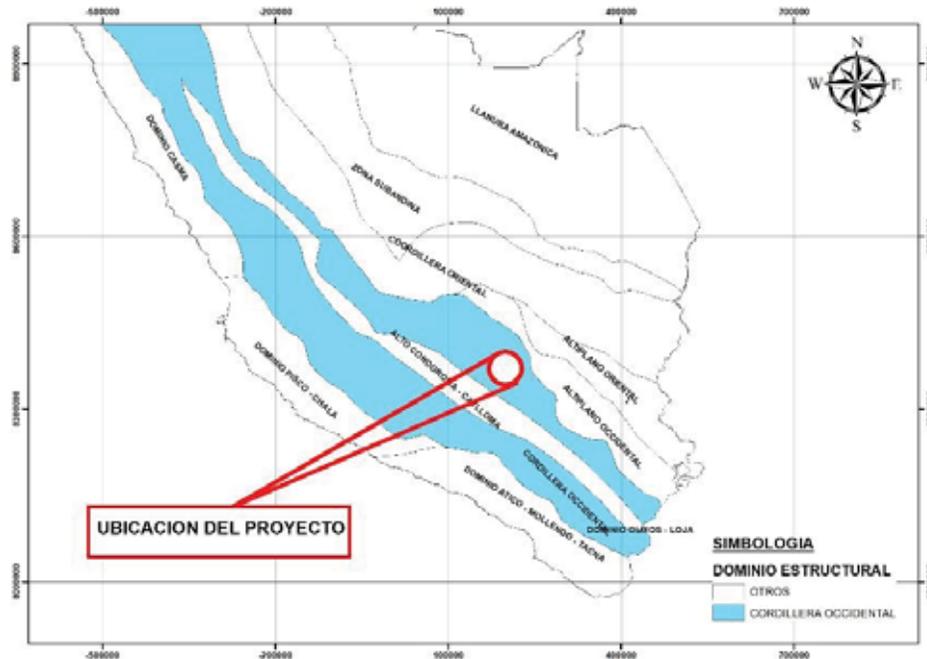
La unidad hidrográfica 4999868 la cual contiene a la laguna Querquecocha está ubicada en el dominio estructural de la cordillera Occidental.

En ella se ubica la cuenca Yura, que representa la mayor cantidad del cuadrángulo 30 S-Velille, afloran las formaciones de Velille, Puca Puca y Huayllani en algunos sectores están cubiertas por rocas volcánicas y presenta intrusión a hacia el Noroeste del cuadrángulo.

El área de estudio se encuentra en el bloque Andahuaylillas Yauri, limitadas hacia el este por el sistema de fallas Condorama-Cailloma-Mollebamba con una dirección NO-SE, por el oeste con el sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo con una dirección NO-SE.

Los plegamientos conspicuos y simétricos presentan flancos con buzamientos suaves entre los 10 y 20 grados.

Figura 21 Dominios estructurales.



Nota: Se muestra de color celeste la cordillera occidental donde se encuentra ubicado el área de estudio. (Elaboración propia con datos en formato Shapefile de Dominios estructurales obtenidos del INGEMMET).

4.2.1. FASES TECTONICAS RECONOCIDAS EN LA DEFORMACION ANDINA

4.2.1.1. ULTIMA TECTÓNICA ANDINA

4.1.1. OLIGOCENO

Corresponde al Mioceno -Plioceno en su mayoría representa al conjunto de rocas volcánicas del grupo Tacaza (Oligoceno-Mioceno), según las dataciones realizadas en estratos similares en otro lugar se determinó una edad de 7.2 -6.4 MA (Everndem et al, 1966)

La cordillera occidental se conformó de tres series superpuestas, donde la segunda serie representa las acumulaciones volcánicas que pueden llegar hasta los 3000 msnm (NEWELL 1949), estas relacionadas al grupo Tacaza.

Figura 22 Paleogeografía del oligoceno.

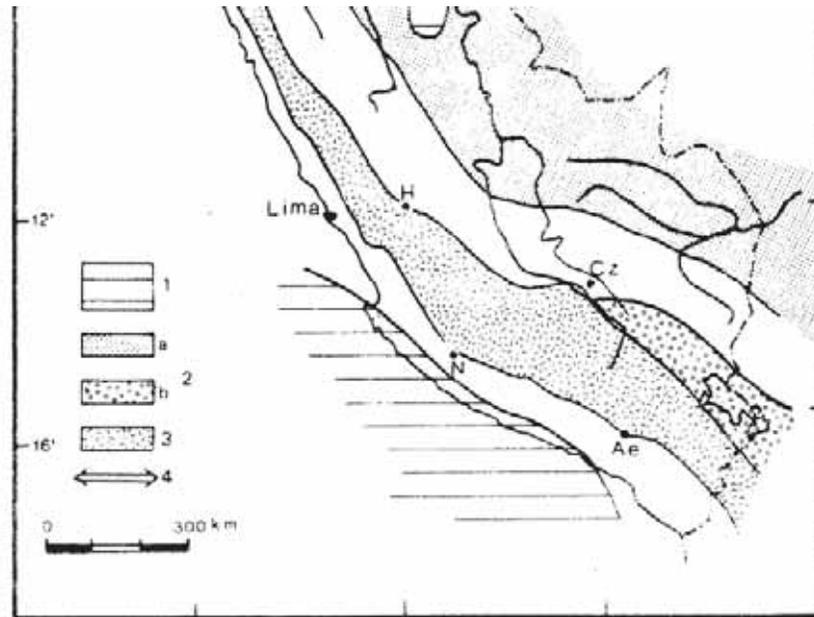


Fig.a14.- Paleogeografía del Perú en el Oligoceno.

1: Facies Marinas 2: Facies continentales a) capas rojas del dominio subandino b) Conglomerados Puno del Altiplano; 3; Vulcanismo de la Cordillera Occidental 4) Posible comunicación entre las cuencas.

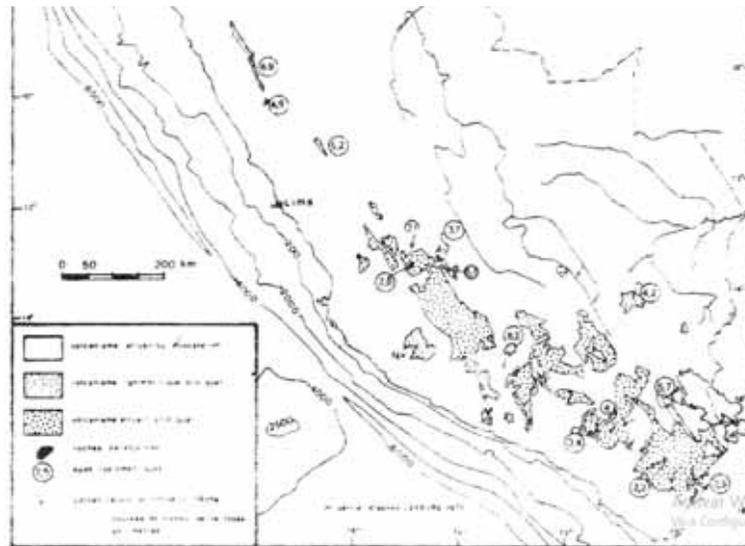
Activ
Vea C

Nota: 1: Facies marinas 2: Facies continentales a) Capas rojas del dominio subandino b) Conglomerados Puno del Altiplano; 3. Vulcanismo de la cordillera occidental 4) Posible comunicación entre las cuencas. (Adaptado de Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos, Bernard Dalmayrac, 1998)

4.1.1.1. PLIO-CUATERNARIO

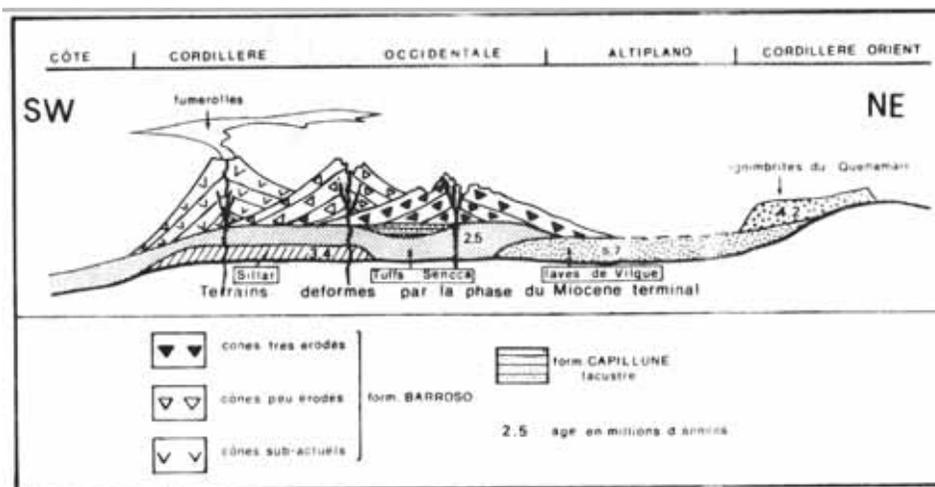
Corresponde a un vulcanismo y sedimentación en las diferentes cuencas, presenta dos etapas: la primera son depósitos de ignimbritas Brechíferas vítreas y también se encuentran en mayor extensión los sillares de Arequipa y la segunda etapa la cual más efusiva que en su mayoría conforma la cordillera occidental después de un periodo de calma se dan erupciones de lavas andesíticas porfiríticas y presenta piroclastos los cuales hoy se consideran como el grupo Barroso (MENDIVIL 1965), en esta etapa se considera que los andes alcanzan alturas hasta los 6000 msnm, dicho proceso continua hasta la actualidad.

Figura 23 Mapa del vulcanismo del Plio-cuaternario en el Perú.



Nota: Se muestra la acción del vulcanismo en la parte sur del Perú. (Adaptado de Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos, 1998)

Figura 24 Distribución transversal del vulcanismo Plio-cuaternario en el sur del Perú.



Nota: Acción del vulcanismo de la costa a la derecha hacia la cordillera oriental a ala izquierda. (Adaptado de Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos, 1998)



4.1.2. DEPÓSITOS CUATERNARIOS-NO VOLCANICOS

Conforman sedimentos lacustres, fluviales y glaciares que relacionan con escombros y lavas barrosas ligados a erupciones volcánicas. Los depósitos glaciares tienen un límite inferior a los 3600 msnm aproximadamente.

4.1.3. SISTEMA DE PLEGAMIENTO

Se han determinado pliegues cilíndricos de dirección EO a ONO-ESE con plano axial vertical inclinados hacia SO de manera muy ligera, algunos fueron desplazados por fallas inversas, luego se tienen pliegues NE-SO que han deformado los pliegues anteriores formando las estructuras en la actualidad. (Bernard Dalmayrac, 1998).

4.1.4. SISTEMA DE FALLAMIENTO

Controlado por dos sistemas de fallas importantes, hacia el este el sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y hacia el oeste el sistema de fallas Andahuaylillas-Yauri-Mollebamba.

Hacia el norte presentan un sistema de cabalgamientos E-O corresponde a Abancay-Limatambo-Zurite y al NO-SE Huanoquite-Accha estas forman parte del sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo (Carlotto, 1998; Carlotto et al, 2002)

Figura 25 Sistema de fallas.



Nota: Se muestran los sistemas de falla presentes en el sur peruano, la zona de estudio se encuentra demarcado por el círculo de perímetro rojo. (adaptado de Dirección de Geología Regional del INGGEMMET.)

4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

La zona de estudio presenta fallas que comparten la dirección de los sistemas de fallas principales al Este y Oeste de la zona de estudio, de pequeñas extensiones originadas en periodos cuaternarios recientes.

4.2.1. PRINCIPALES ESTRUCTURAS DEL AREA DEL PROYECTO

4.3. FALLAS

Se pudieron mapear fallas las cuales comparten la dirección en promedio, de pequeñas extensiones de difícil visualización en el campo por la existencia de depósitos cuaternarios y vegetación presente en la zona, las cuales se detallan en la siguiente tabla 09.

Se pudieron mapear fallas las cuales comparten la dirección en promedio, de pequeñas extensiones que fueron inferidas por la difícil visualización en el campo por la existencia de

depósitos cuaternarios y vegetación presente en la zona, las cuales se detallan en la siguiente tabla 09.

Tabla 9 Fallas geológicas.

CODIGO	ESTRUCTURA	X	Y	ZONA	RUMBO	BUZAMIENT	EXTENCION INFERIDA
F-01	FALLA INVERSA	194805	8379920	19L	320	38NE	555
F-02	FALLA NORMAL	193351	8380293	19L	102	38NO	307
F-03	FALLA NORMAL	193740	8380133	19L	223	40NE	317
F-04	FALLA INVERSA	194832	8380341	19L	285	40NE	820
F-05	FALLA INVERSA	191906	8381113	19L	280	10NE	2070
F-06	FALLA INVERSA	191624	8380057	19L	286	15NE	2597

Nota: Se muestran datos de azimut, buzamiento y coordenadas.

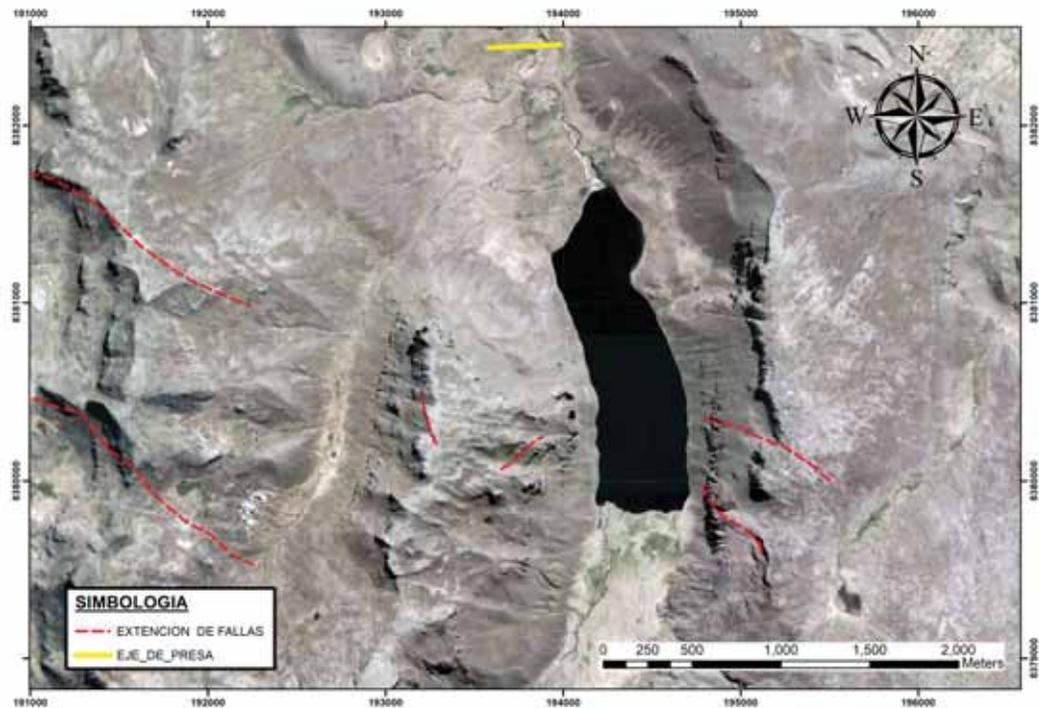
Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 13 Medición de Azimut de una falla geológica.



Nota: Se realiza la medición de una falla, obteniendo valores de Azimut y buzamiento para la falla geológica. (Elaboración propia)

Figura 26 Fallas mapeadas para la zona de estudio



Nota: Se muestran las fallas mapeadas superpuestas en una imagen satelital (Adaptado de Google Earth).

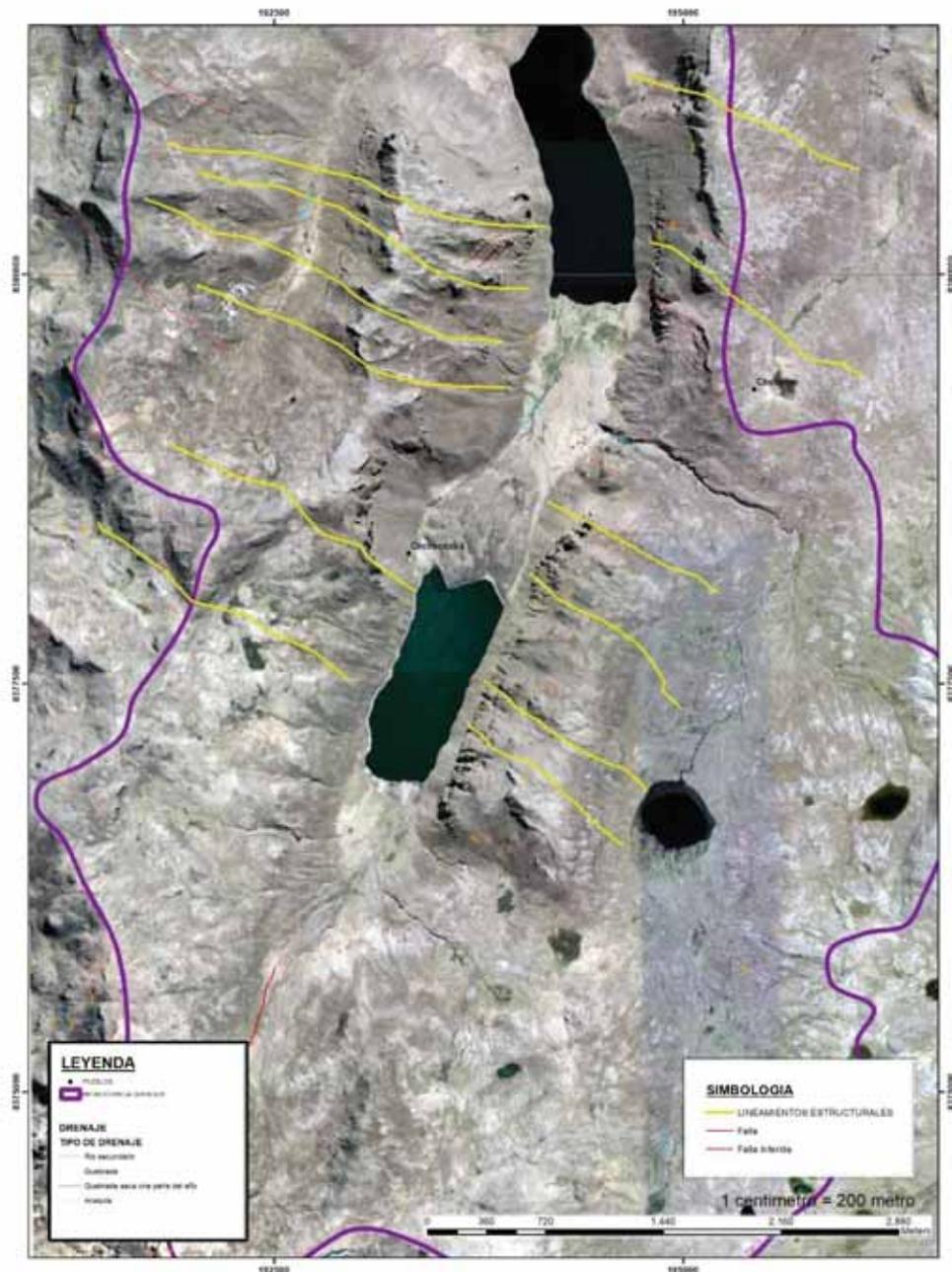
Se puede observar que las fallas geológicas presentes en la zona de estudio no representan un peligro potencial al eje de presa. Ya que estas estructuras geológicas no se aproximan ni intersecan con la presa planteada.

4.4. LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

La zona de estudio presenta lineamientos estructurales con una dirección de NO-SE, estos lineamientos cortan los afloramientos de los volcánicos correspondiente a la formación Casanuma.

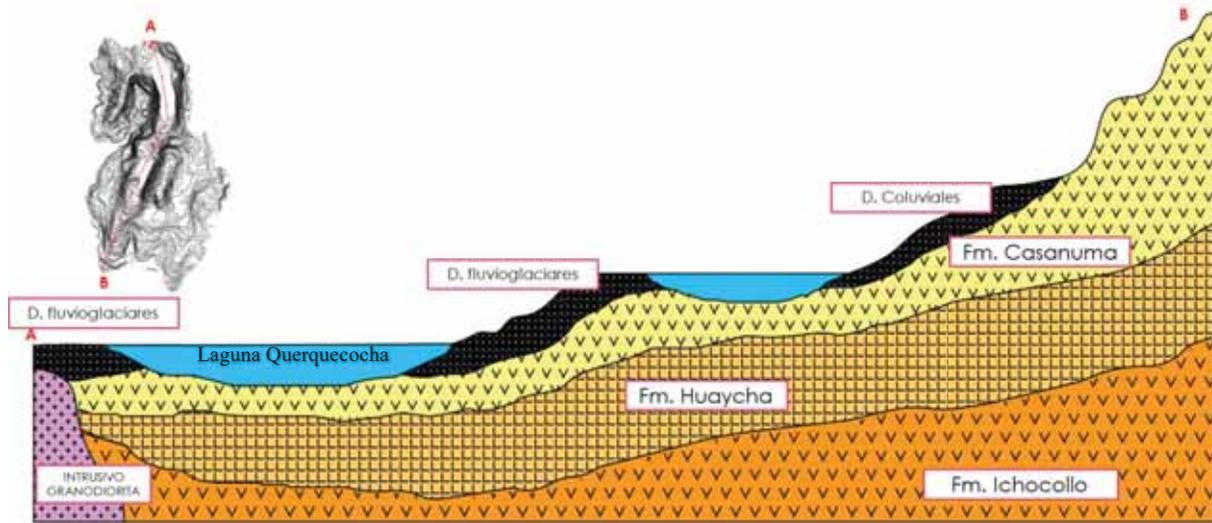
Figura 27 Unidades estructurales locales en la zona de estudio

UNIDADES ESTRUCTURALES LOCALES



Nota: Se muestran las fallas geológicas en la zona de estudio, se observa la zona sur de la laguna Querquecocha (adaptado de Google Earth).

Figura 28 Sección geológica del valle de la unidad hidrográfica.

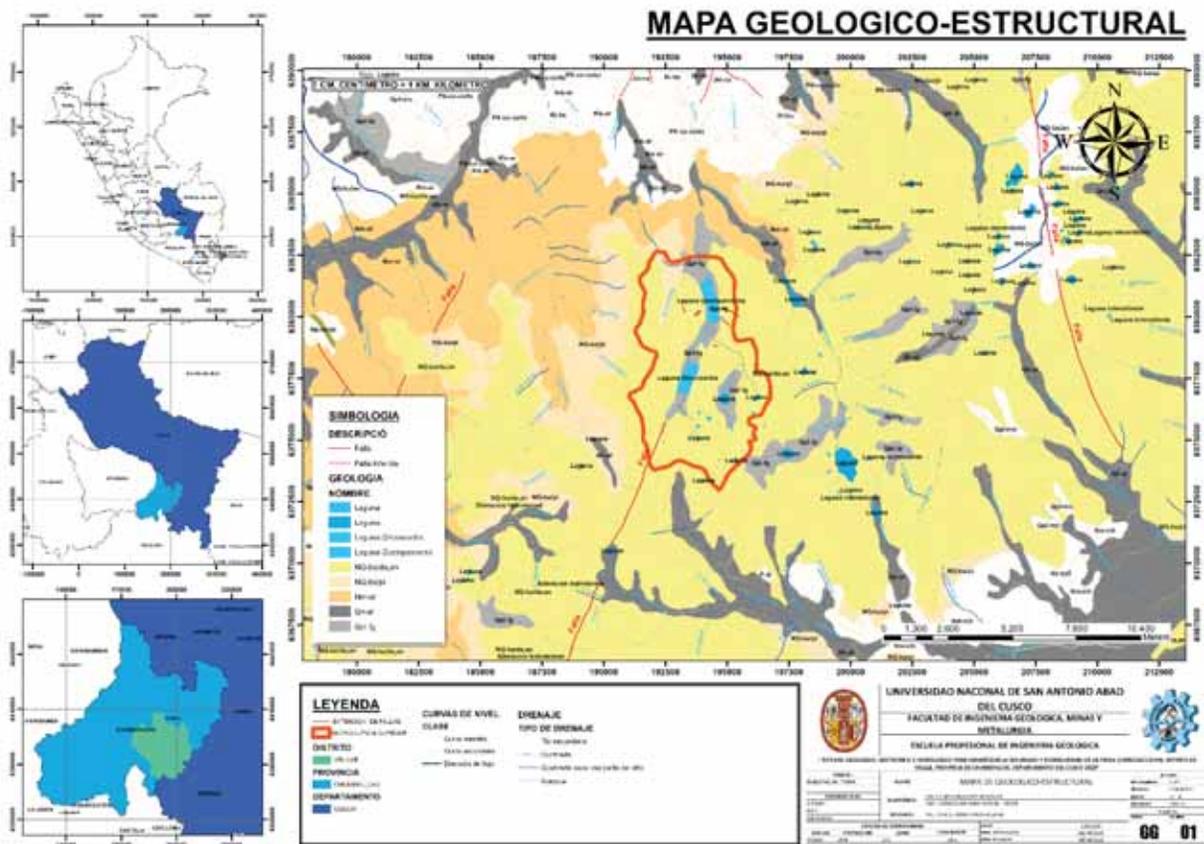


Nota: Se muestra una sección geológica considerando formaciones litoestratigráficas, depósitos cuaternarios y lagunas en la zona de estudio (Elaboración propia)

Según la sección geológica, se puede observar la distribución de depósitos fluvio-glaciares en el valle y depósitos coluviales en laderas de montaña que sobre yacen al grupo Barroso, siendo la formación Casanuma a través de afloramientos de Andesitas en laderas de montaña, esta a su vez sobre yace en la formación Huaycha con afloramientos de Tobas que se pueden observar al lado Nor-oeste del eje de presa, se puede inferir la presencia de la formación Ichocollo correspondiente al grupo Tacaza, compuesta por depósitos lávicos y brechas volcánicas, están afloran al sur de la zona de estudio fuera de los límites de la unidad hidrográfica, además se tiene un cuerpo intrusivo plutónico de composición Granodiorita, evidenciado con las perforaciones diamantinas ejecutadas en el eje de presa.



Figura 29 Mapa geológico estructural.



Nota: Elaboración propia.



5. CAPITULO V - GEODINAMICA

5.1. GENERALIDADES

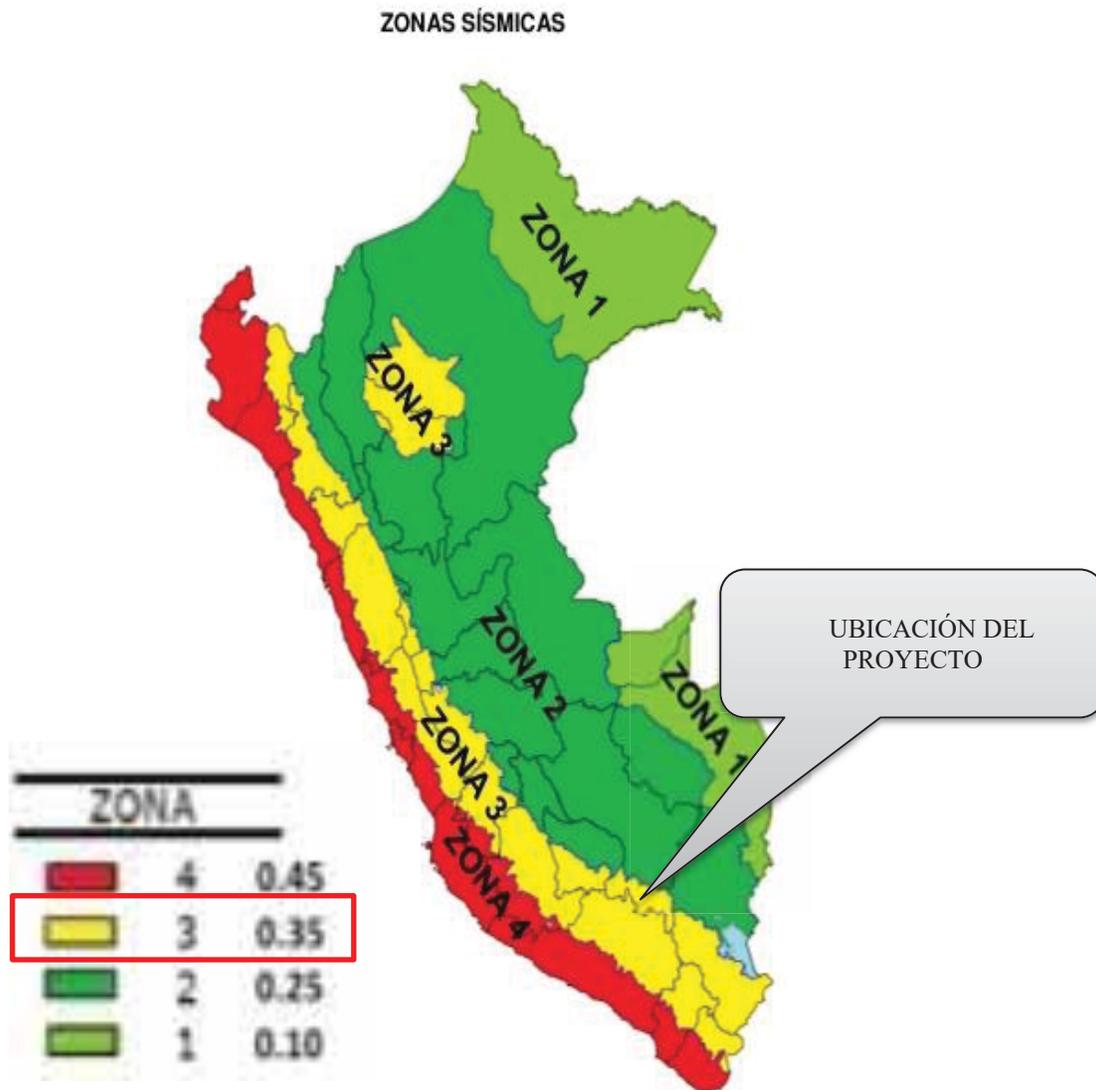
La geodinámica presente en la zona de estudio corresponde a fenómenos por gravedad, la litología compuesta por rocas Volcánicas hace posible un relieve accidentado, el cual a su vez genera fenómenos geodinámicos de caídas de rocas, flujo de detritos, sin mucha frecuencia deslizamientos. La geodinámica interna se origina a partir de esfuerzos generados por estructuras geológicas como el sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y el sistema de fallas Alto Condorama Caylloma. Además, se toma como referencia la información del Capítulo II-DS N.º 003-2016-VIVIENDA por clasificando la zona de estudio de tipo III con un factor igual a 0.35.

5.2. GEODINAMICA INTERNA

El levantamiento de los andes, producto de la subducción de las placas oceánicas por debajo de la placa sudamericana representa una relación con fallas activas cuaternarias haciendo que la frecuencia sísmica sea relativamente alta.

La zonificación presentada en el decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA, en el capítulo dos muestra un mapa de zonificación sísmica en base a las características de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así mismo considerando la Neotectónica. A cada zona se le asigna un factor Z que representa la aceleración máxima horizontal en suelo rígido la cual puede ser excedida con una probabilidad de 10% en 50 años. La cual ubica al proyecto en la zona 3 con factor Z igual 0.35.

Figura 30 Zonas sísmicas en el Perú.



Nota: Muestra una clasificación de las zonas sísmicas en el Perú. (Fuente: CAPITULO II-D.S. N.º 003-2018-VIVIENDA)



Figura 31 Mapa de ordenes espectrales del Perú.

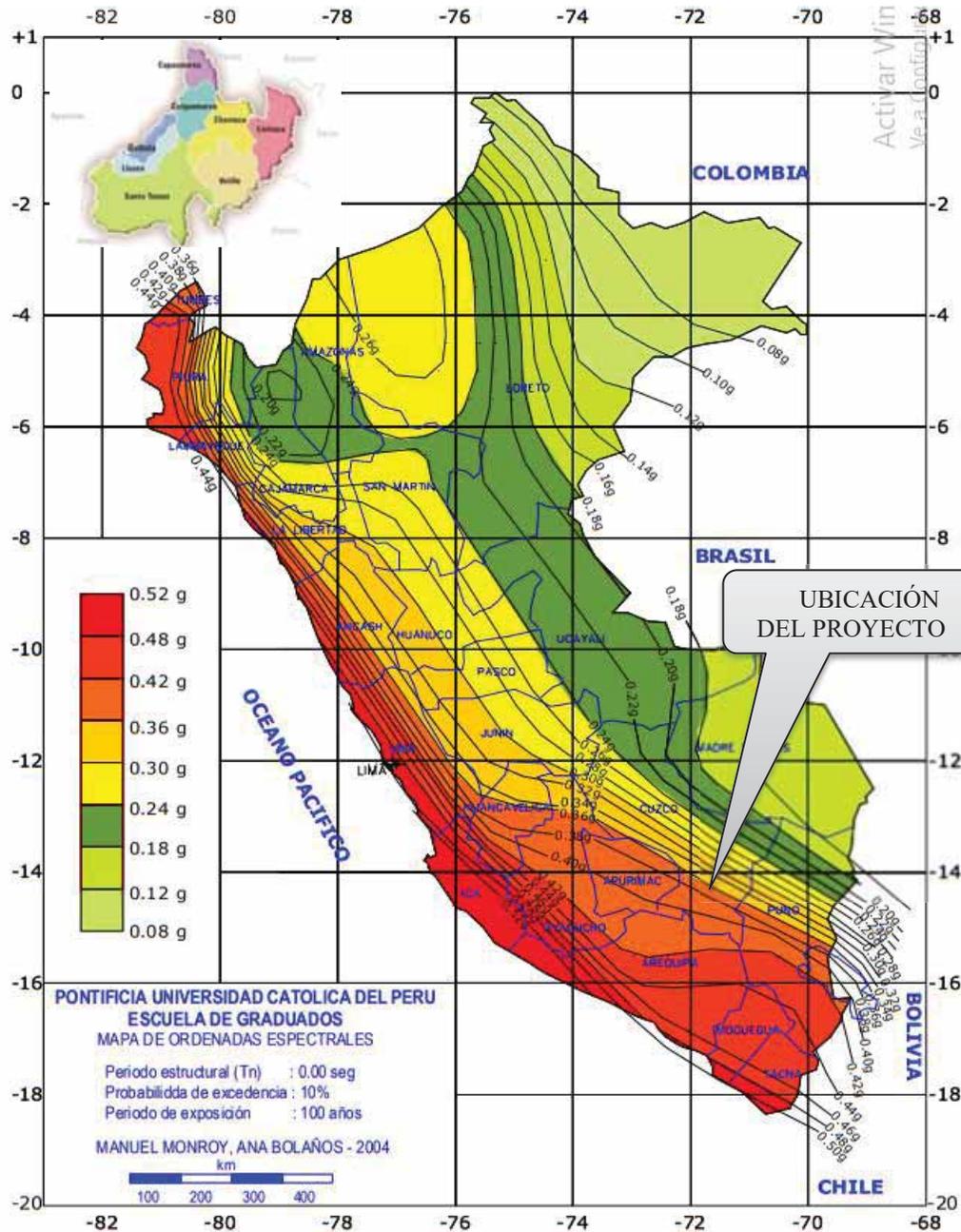
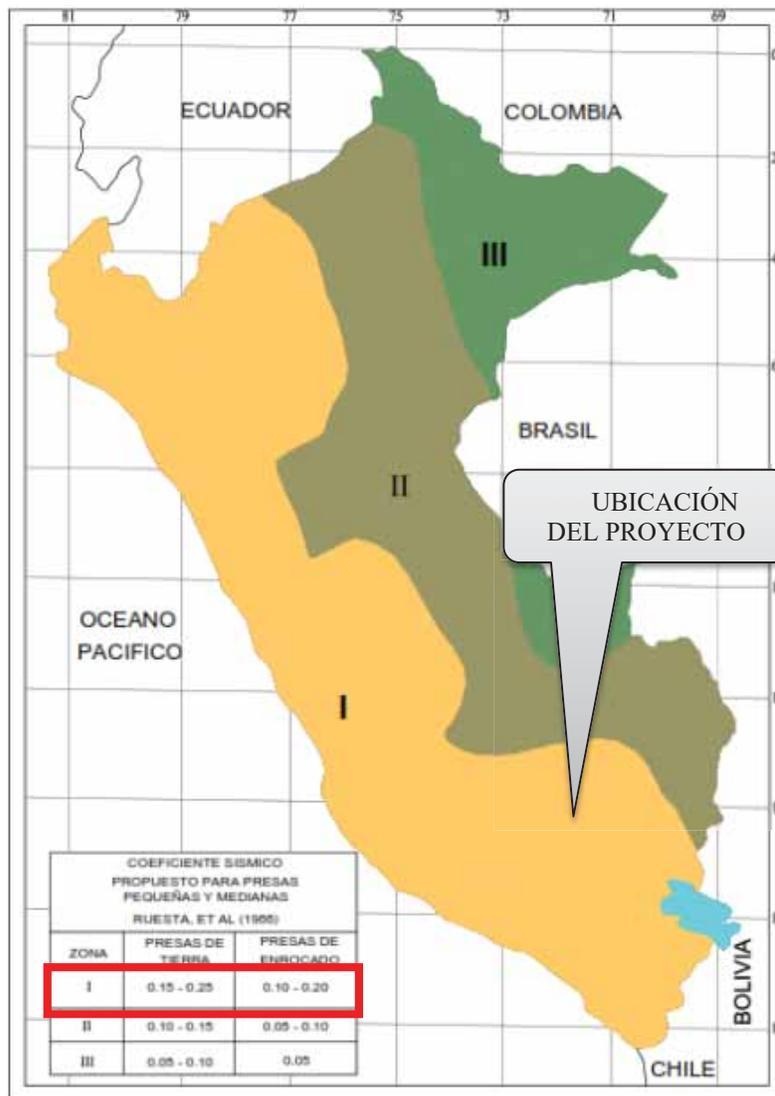


Figura 5.2.- Distribución de aceleraciones en el Perú para un periodo de exposición de 100 años y 10% de probabilidad de excedencia.

Nota: Se muestra el mapa del Perú con las ordenadas espectrales para periodos de exposición de 100 años. (Monroy & Bolaños, 2004).

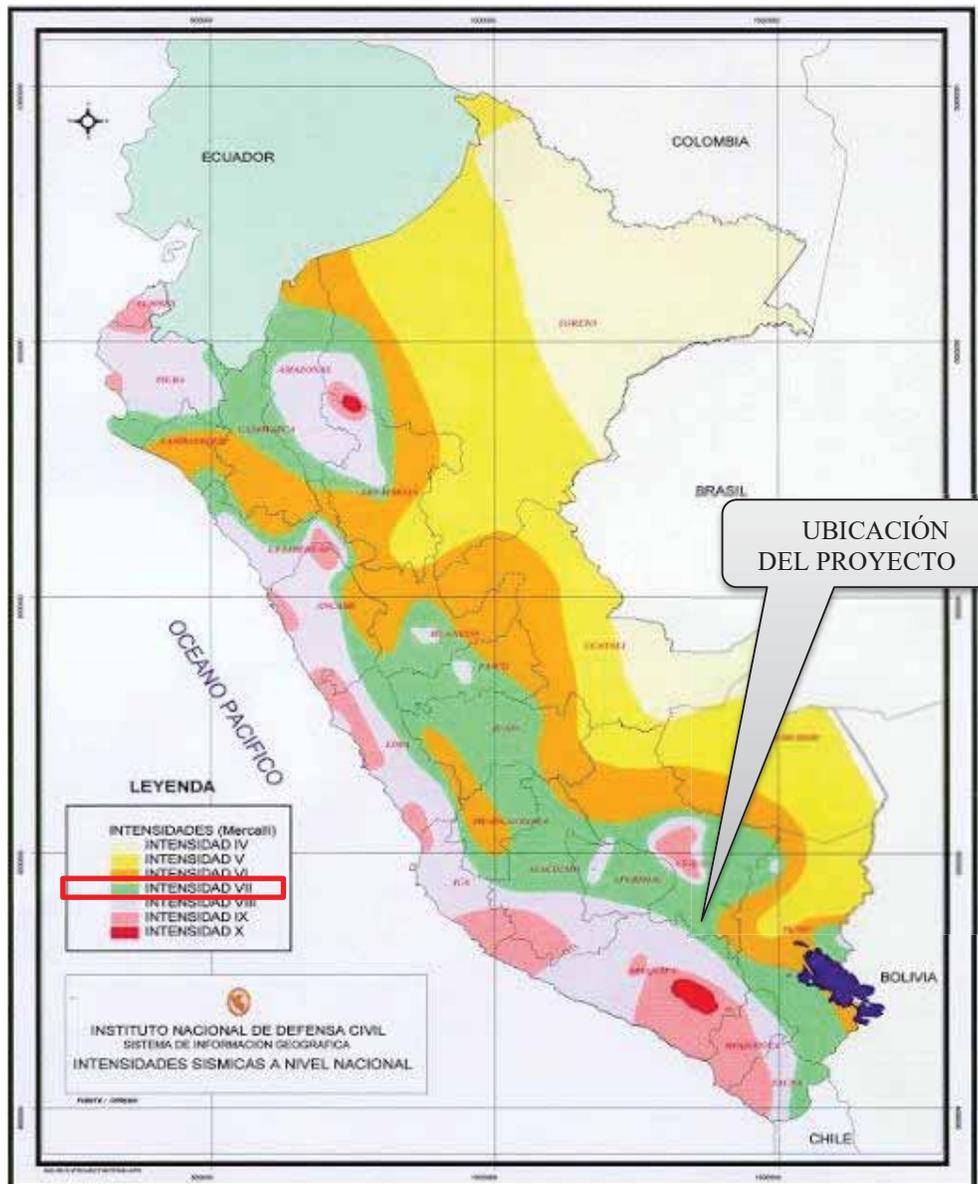
Según el mapa de ordenadas espectrales muestra la zona de estudio entre las curvas 0.40g y 0.42g, estas corresponden a un periodo estructural norma y periodo de retorno de 475 años, por consiguiente, la ordenada espectral de 0.41g promedio para un periodo de retorno de 475 años con una posibilidad de excedencia de 10% en un periodo de 50 años.

Figura 32 Coeficientes sísmicos para presas



Nota: Se observa el coeficiente sísmico de la presa. (Fuente: Ruesta, Díaz y Alva, 1988)

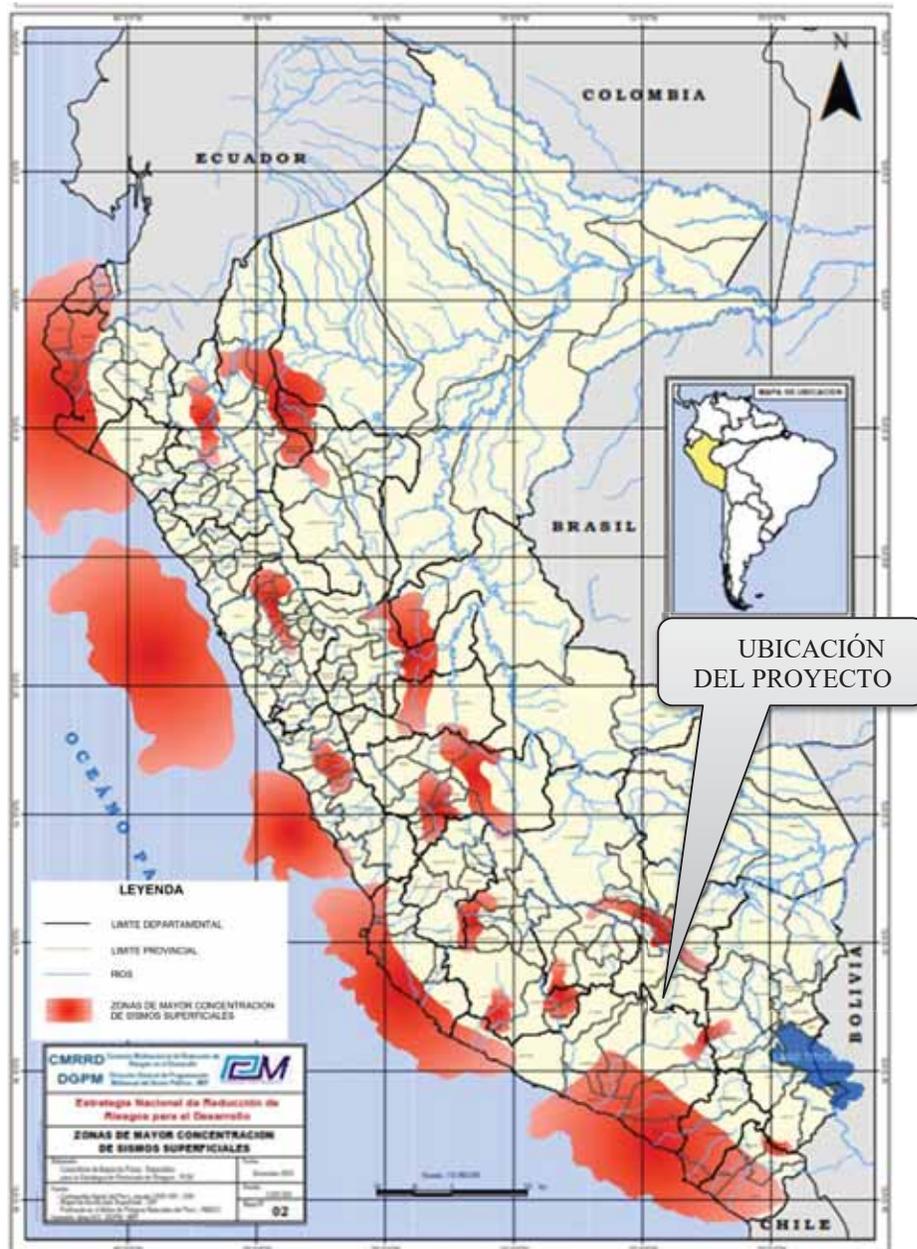
Figura 33 Mapa de intensidades sísmicas (Mercalli)



Nota: Se observa la frecuencia de intensidades sísmico en el Perú. (Fuente: Instituto de defensa civil)

Se considera una medición no numérica a cerca de los efectos generados a partir de un sismo esto conocido como intensidad, para la zona de estudio se ha determinado una intensidad VII.

Figura 34 Mapa de zonificación de mayor concentración de sismos.



Nota: Se observa la frecuencia de ocurrencia sísmico en el Perú. (Fuente: CENEPRED).

A partir de los datos históricos de registros de sismos superficiales, el CENEPRED elaboro un mapa en el 2003 sobre zonas de concentración de sismos superficiales, Según el mapa



anteriormente mencionado se observa que la zona de estudio no se encuentra en un área concentración de sismos superficiales.

De acuerdo a lo expuesto se tiene las siguientes condiciones de sismicidad.

Tabla 10 Resumen de las condiciones sísmicas en la zona de estudio

CONDICION	VALOR ESTIMADO
ZONA SISIMICA	Z3 (0.35)
ORDENADAS ESPECTRALES	ENTRE 0.36g A 0.24 g
COEFICIENTE SISMICO	ZONA I (0.10-0.20)
FRECUENCIA DE INTENSIDADES SISMICAS	INTENSIDAD VII
MAYOR CONCENTRACION DE SISMOS	NO EXPUESTA A SISMOS FRECUENTES

Nota: Se muestran las condiciones y los valores estimados para la zona de estudio. Elaboración propia.

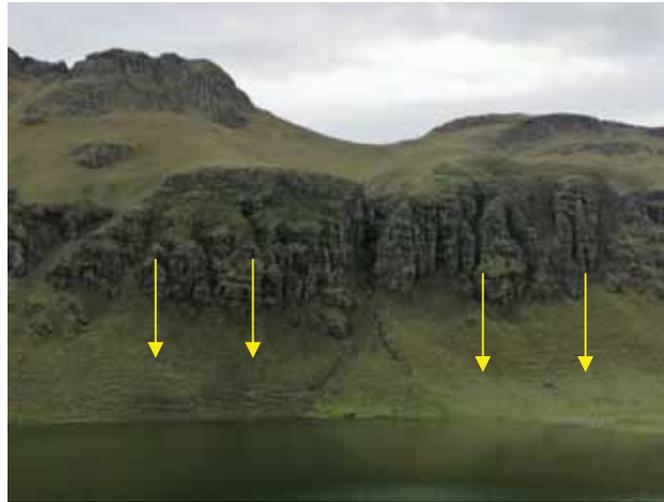
5.3. GEODINAMICA EXTERNA

5.3.1. CAIDA DE ROCAS

Con más frecuencia se encuentran se encuentran en la parte media del área de estudio, representan las áreas de mayor pendiente las cuales presentan caídas de rocas volcánicas pertenecientes a los flujos lávicos del grupo Barroso.



Fotografía 14 Fenómeno por caída de rocas



Nota: Se muestra afloramientos de roca volcánica en ladera muy empinadas de montaña, haciendo posible el fenómeno de caída de rocas. (Elaboración propia)

5.3.2. DESLIZAMIENTOS

Son fenómenos que se presentan con menor frecuencia en la zona de estudio, de pequeñas dimensiones que no representan peligros potenciales a la construcción del proyecto. Ubicados en la parte central lateral derecho de la zona de estudio.



Fotografía 15 Deslizamiento antiguo.



Nota: Se observa un deslizamiento antiguo ubicado aguas arriba de la laguna Querquecocha, presenta cobertura vegetal por ser un fenómeno inactivo en la actualidad. (Elaboración propia).

5.3.3. FLUJO DE DETRITOS

Ubicados en los flujos de antiguas escorrentías o drenajes temporales, los cuales transportan generalmente depósitos coluviales y morrenicos. De pequeñas extensiones se encuentran las laderas de montaña que delimitan la laguna Querquecocha.

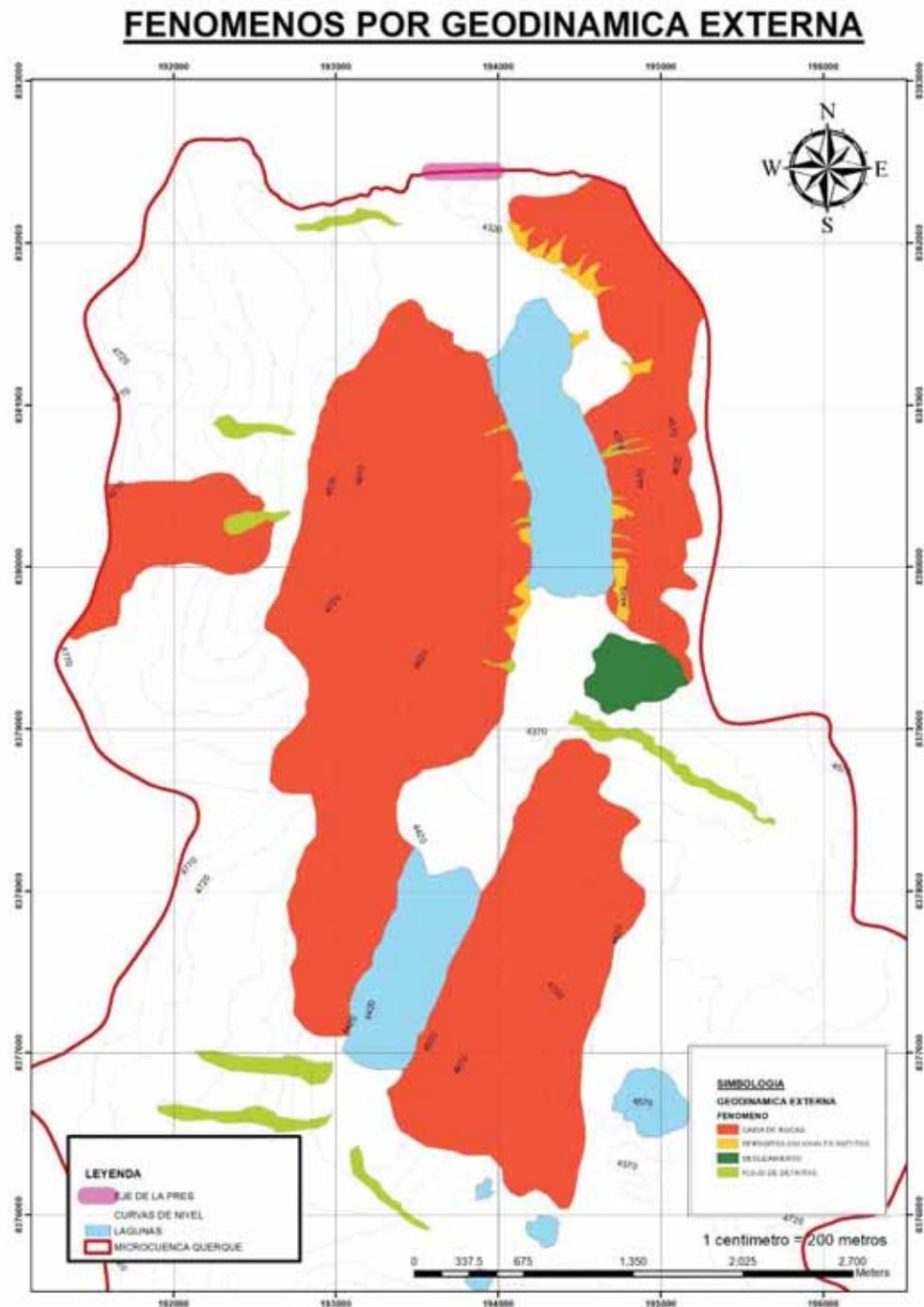


Fotografía 16 Flujo de detritos.



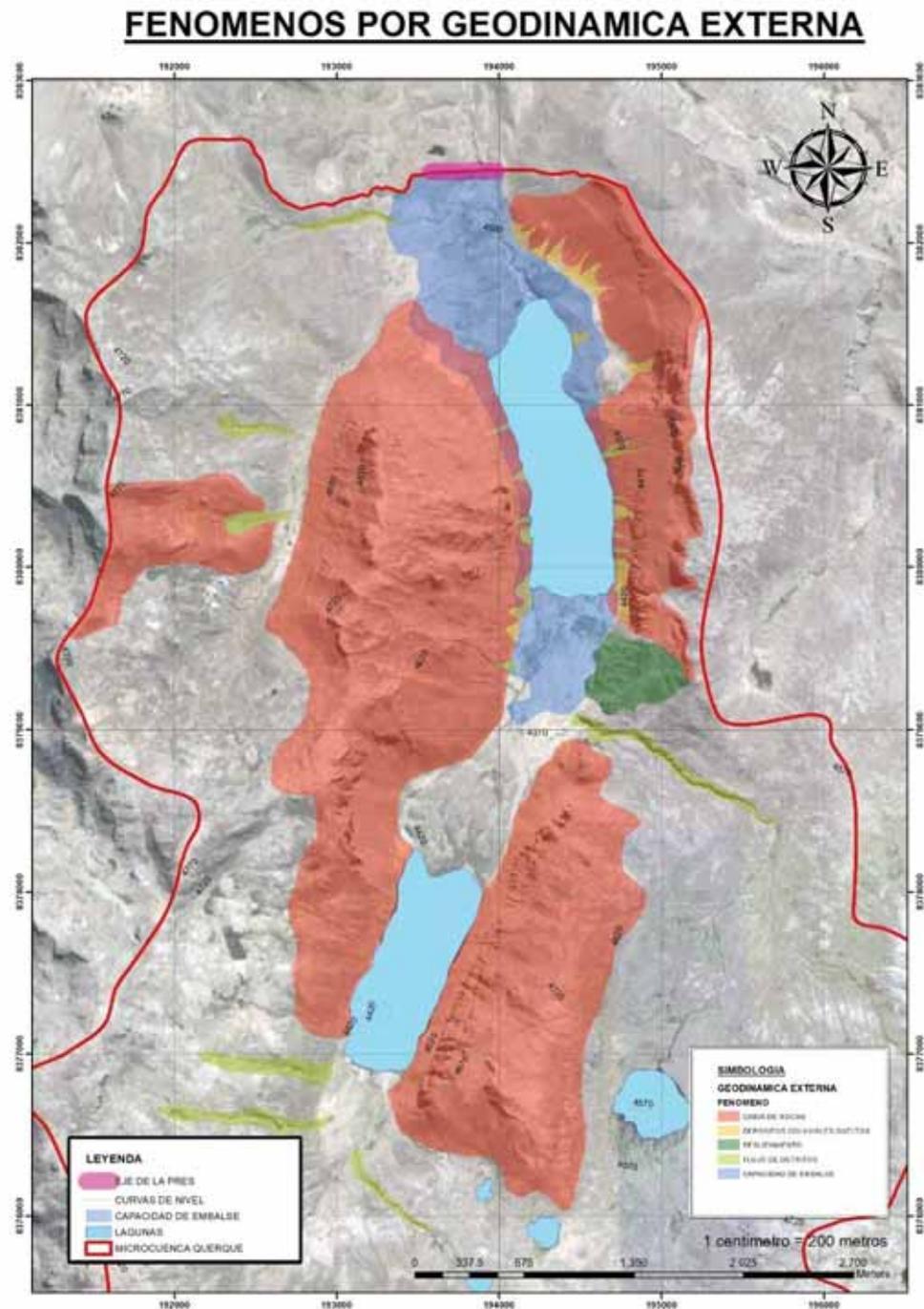
Nota: Se observan detritos de tamaños variables distribuidos en canal formando por escorrentía temporal. (Elaboración propia)

Figura 35 Mapa de geodinámica externa



Nota: Se muestran los fenómenos por geodinámica externa. Elaboración propia.

Figura 36 Fenómenos por geodinámica externa superpuesto con la capacidad de embalse



Nota: Se muestran los fenómenos por geodinámica externa mapeados tomando como zona primordial el vaso de la presa, se puede observar la capacidad de embalse y el área que compromete.



6. CAPITULO VI – HIDROLOGIA

6.1. GENERALIDADES

La zona de estudio se encuentra dentro de la unidad hidrográfica de nivel 7 con el código 4999868, según la metodología para identificación de cuencas hidrográficas mediante el sistema de codificación realizado por Pfafstetter, en la cual se encuentra la laguna Querquecocha a una altitud de 4322 m.s.n.m. la unidad hidrográfica recibe aportes de agua por precipitación.

La escorrentía producto de la precipitación y lagunas discurre hacia la cuenca del rio Velille unidad hidrográfica 49998, estas llegan a ser permanentes e intermitentes.

Para realizar los estudios hidrológicos necesarios, se tomaron registros pluviométricos de las estaciones vecinas Yauri, Caylloma, La Raya, Sicuani, con registros de precipitación entre los años 1995 y 2017, ubicadas a 4000 msnm aproximadamente.

6.2. PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA 4999868

La unidad hidrográfica, Cuenca 4999868 ubicada hacia el sur del distrito de Velille, presenta una superficie accidentada con laderas empinadas en casi toda su extensión, tiene un área de 37.460 km² y un perímetro de 29.269 km.

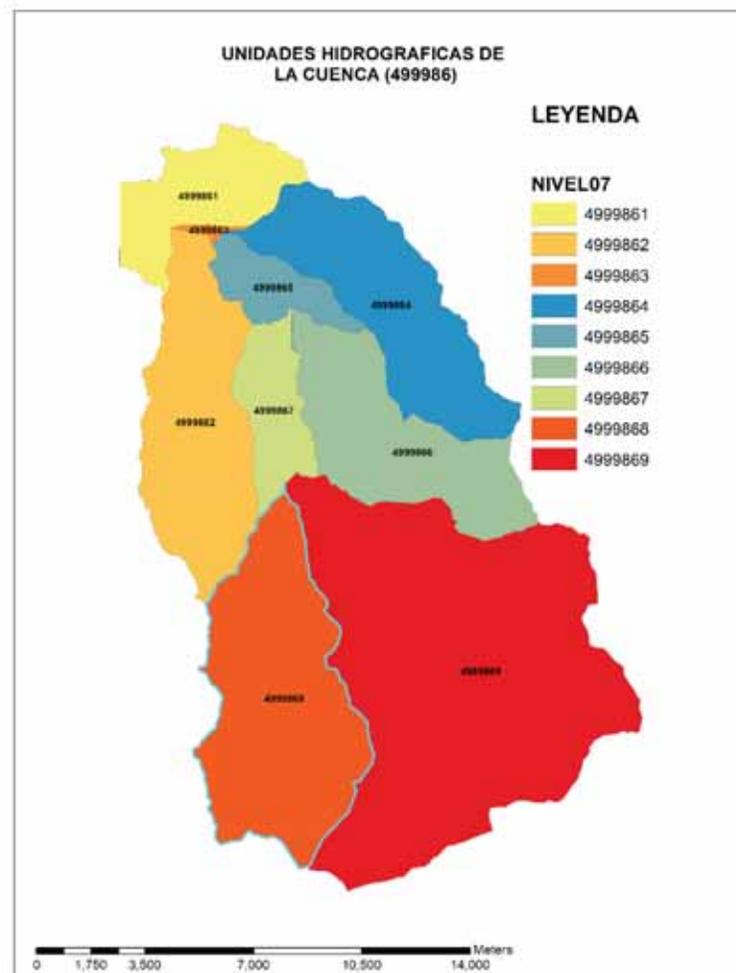
Con una altitud media de 4613.55 msnm, tiene como cota máxima 4921.93 y como cota mínima 4305.18, conformado por valle cortos con anchos que promedian los 300 m, de laderas empinadas por la baja meteorización que tienen los depósitos volcánicos.

La alimentación hidrológica de la cuenca 4999868, refleja solo drenajes producto de las precipitaciones, algunos de estos permanentes e intermitentes, además se observan tres lagunas importantes que conforman la cuenca.

Se ha considerado la información presentada por ATDR-SICUANI-INRENA, para determinar la unidad hidrográfica hasta el nivel 5, esta pertenece a la cuenca del rio Velille 49998.

Según la metodología de Pfafstetter, se determinó la unidad hidrográfica como una cuenca de nivel 7 con el código 4999868, la cual pertenece a la unidad hidrográfica cuenca con el código 499986.

Figura 37 Unidades hidrigraficas de la cuenca 4999868.



Nota: Se muestran las unidades hidrográficas de la cuenca 499986, la zona de estudio se encuentra en la unidad hidrográfica 4999868. (Elaboración propia)



6.3. PARAMETROS DE FORMA

Cuadro 15 Parámetros de forma de la cuenca 4999868

PARAMETROS DE FORMA				
PARAMETRO	CODIGO	FORMULA	DATO	UNIDAD
AREA	A	-	37.46	Km ²
PERIMETRO	P	-	29.16	Km
LONGITUD DE LA CUENCA	L	-	10.1	Km
ANCHO DE CUENCA	B	$B = \frac{A}{L}$	3.71	Km
FACTOR DE FOMA	Kf	$Kf = \frac{A}{L^2}$	0.37	s/U
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	Kc	$Kc = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}}$	1.34	-
RELACION DE ELONGACION	Re	$Re = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L}$	0.69	-

En Nota: se muestran los datos y sus respectivas unidades acompañados por las fórmulas empleadas para su cálculo. (propia)

Presenta un factor de forma bajo lo cual indica que la cuenca 4999868 no está propenso a crecidas altas, según el factor de forma (PEREZ,1979), la cuenca 4999868 pertenece a una forma ni estrecha ni alargada (oval oblonga a rectangular oblonga).

6.4. PARAMETROS RELATIVOS DE RELIEVE

Los parámetros relativos de relieve, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 11 Parámetros de relieve

PARAMETROS RELATIVOS DE RELIEVE			
PARAMETRO	CODIGO	DATO	UNIDAD
COTA MAXIMA	Cmax	4320	msnm
COTA MINIMA	Cmin	4920	msnm
ELEVACION PROMEDIO	Cprom	4620	msnm

Nota: Se muestra datos de cotas máximas y mínimas en m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces la cuenca 4999868 tiene una elevación media de 4620.00 msnm.

Para el Histograma de frecuencia altimétricas, se elaboró la siguiente tabla:



Tabla 12 Histograma de frecuencia altimétricas.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS					
NUMERO	COTA MINIMA	COTA MAXIMA	AREA(m2)	AREA(Km2)	PORCENTAJE AREA %
1	4320	4320	66746.6115	0.067	0.19%
2	4320	4370	2153327.25	2.153	6.21%
3	4370	4420	1095485.95	1.095	3.16%
4	4420	4470	2353039.02	2.353	6.79%
5	4470	4520	2520029.47	2.520	7.27%
6	4520	4570	3524053.03	3.524	10.16%
7	4570	4620	5122479.18	5.122	14.77%
8	4620	4670	4941002.07	4.941	14.25%
9	4670	4720	6417022.3	6.417	18.51%
10	4720	4770	3596036.89	3.596	10.37%
11	4770	4820	1960842.67	1.961	5.66%
12	4820	4870	709301.398	0.709	2.05%
13	4870	4920	213504.739	0.214	0.62%
				34.673	100.00%

Nota: Se muestran datos en km2 y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 38 Histograma de frecuencias altimétricas



Nota: Se muestran porcentajes para el numero según a la tabla 14. (Elaboración propia)



La pendiente media de la cuenca 4999868, se encuentra los porcentajes 15 y 25, obteniendo un resultado de 20.11 lo que indica que se encuentra con una pendiente media de moderadamente empinado.

Tabla 13 Pendiente media de la cuenca 4999868.

CLASE	RANGO	PENDIENTE	AREA (km ²)	AREA (%)
A	0-2	Plana o casi nivel	3.18	5.0%
B	2-4	Ligeramente inclinado	2.33	3.7%
C	4-8	Moderadamente inclinado	2.36	3.8%
D	8-15	Fuertemente inclinado	8.96	14.2%
E	15-25	Moderadamente Empinado	10.62	16.9%
F	25-50	Empinado	12.89	20.5%
G	50-75	Muy Empinado	12.71	20.2%
H	>75	Extremadamente Empinado	9.92	15.8%
TOTAL			62.95	100.0%

Nota: se muestra los datos en km² y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14 Curva hipsométrica

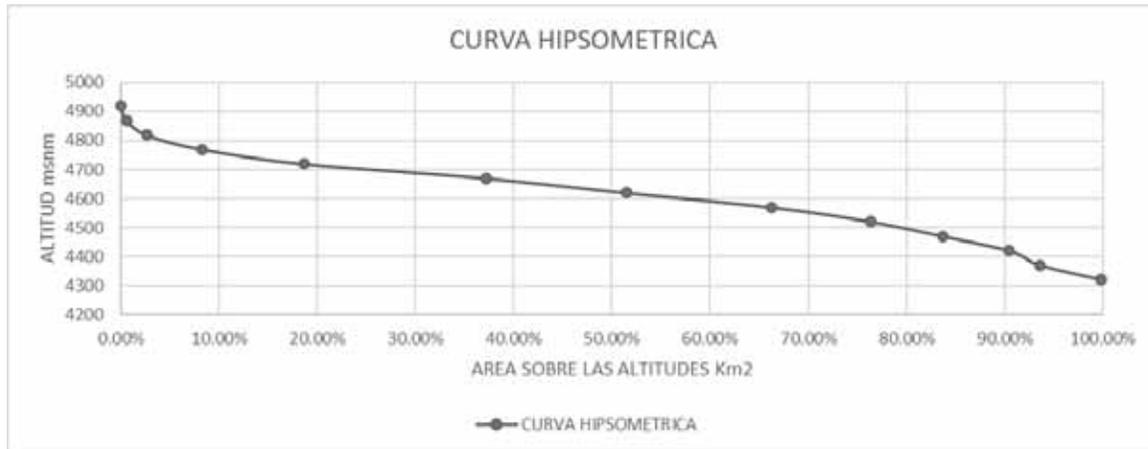
CURVA HIPSOMETRICA							
COTA MINIMA	COTA MAXIMA	AREA(m ²)	AREA(Km ²)	AREA ACUMULADA(Km ²)	AREA SOBRE LAS ALTITUDES (Km ²)	PORCENTAJE AREA %	PORCENTAJE SOBRE LAS ALTITUDES %
4320	4320	66746.6115	0.067	0.067	34.6061	0.19%	99.81%
4320	4370	2153327.25	2.153	2.220	32.4528	6.21%	93.60%
4370	4420	1095485.95	1.095	3.316	31.3573	3.16%	90.44%
4420	4470	2353039.02	2.353	5.669	29.0043	6.79%	83.65%
4470	4520	2520029.47	2.520	8.189	26.4842	7.27%	76.38%
4520	4570	3524053.03	3.524	11.713	22.9602	10.16%	66.22%
4570	4620	5122479.18	5.122	16.835	17.8377	14.77%	51.45%
4620	4670	4941002.07	4.941	21.776	12.8967	14.25%	37.20%
4670	4720	6417022.3	6.417	28.193	6.4797	18.51%	18.69%
4720	4770	3596036.89	3.596	31.789	2.8836	10.37%	8.32%
4770	4820	1960842.67	1.961	33.750	0.9228	5.66%	2.66%
4820	4870	709301.398	0.709	34.459	0.2135	2.05%	0.62%
4870	4920	213504.739	0.214	34.673	0.0000	0.62%	0.00%
			34.673			100.00%	

Nota: Se muestran valores en km² y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 39 Grafico de curva hipsométrica.



Nota: Se muestra el área en km2 vs la altitud para generar una curva hipsométrica (Elaboración propia)



6.5. PARAMETROS RELATIVOS DE PERFIL

Sostiene la relación del cauce considerando los valores picos (cota mayo y menor), para obtener un pendiente promedio del cauce principal (Lc)de 3808.900 m, esta corresponde a 2.66% de pendiente media.

Tabla 15 Pendiente media del rio

PENDIENTE MEDIA DEL RIO						
COTA MAXIMA	COTA MINIMA	LONGITUD (m)	LONGITUD ACUMULADA	DESNIVEL	Si=DES/LONG(M)	LONG/RAIZ(Si)
4530	4520	324.776	324.776	20	0.062	1308.763
4520	4510	147.173	471.949	20	0.136	399.234
4510	4500	220.321	692.270	20	0.091	731.255
4500	4490	144.743	837.013	20	0.138	389.387
4490	4480	58.254	895.267	20	0.343	99.420
4480	4470	54.789	950.056	20	0.365	90.683
4470	4460	64.525	1014.581	20	0.310	115.898
4460	4450	61.530	1076.111	20	0.325	107.923
4450	4440	108.351	1184.462	20	0.185	252.194
4440	4430	77.385	1261.847	20	0.258	152.219
4430	4420	114.197	1376.044	20	0.175	272.877
4420	4410	140.508	1516.552	20	0.142	372.423
4410	4400	46.627	1563.179	20	0.429	71.194
4400	4390	52.773	1615.952	20	0.379	85.724
4390	4380	46.898	1662.850	20	0.426	71.815
4380	4370	50.684	1713.534	20	0.395	80.685
4370	4360	38.763	1752.297	20	0.516	53.965
4360	4350	38.044	1790.341	20	0.526	52.470
4350	4340	64.582	1854.923	20	0.310	116.052
4340	4330	61.075	1915.998	20	0.327	106.728
TOTAL		1915.998		400	5.838	4930.909
PENDIENTE MEDIA					0.151	
					15.10%	

Nota: Se muestran datos de longitudes en metros y pendientes en porcentaje, con un valor final de pendiente media de 15.10%.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 40 Pendiente media del rio para la cuenca 4999868.



Nota: Se muestra el perfil del rio, según la pendiente, se muestran valores de altitud y longitud acumulada. (Elaboración propia).

Hacia la izquierda se observa una zona muy llana de extensión marcada, la cual representa a la laguna Querquecocha, dicho grafico corresponde a una sección de Sur a Norte.

6.6. PARAMETROS RELATIVOS DE DRENAJE

El orden de los cauces se realizó mediante el método de Horton. La cuenca 4999868 presenta según esta clasificación un cauce de orden tres, la longitud del cauce principal 3.81 KM, con una densidad de drenaje de 0.85 y una cantidad total de 42 ríos.

Cuadro 16 Parámetros relativos de drenaje para la cuenca 4999868 Querquecocha.

PARAMETROS RELATIVOS DE DRENAJE		
GRADO DE RAMIFICACION	ORDEN	LONGITUD (m)
	ORDEN 01	16267.97
	ORDEN 02	11623.35
NUMERO DE RIOS DE CADA ORDEN	ORDEN 03	3808.90
	ORDEN	CANTIDAD
	ORDEN 01	27
	ORDEN 02	11
	ORDEN 03	4
LONGITUD TOTAL DE LOS RIOS	KM	31.70
NUMERO TOTAL DE RIOS	1	42
LONGITUD DE RIO PRINCIPAL	KM	3.81
DENSIDAD DE DRENAJE	Km/Km ²	0.846
RELACION DE BIFURCACION	1	2.750
COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD	1	0.721
TIEMPO DE CONCENTRACION	SCS-RANSER	0.094

Nota: se muestran los datos, el orden de drenajes y las unidades. (propia)



6.7. PARAMETROS HIDROMETEOROLOGICOS DE LA CUENCA 4999868

Para la elaboración de los parámetros se tomaron estaciones meteorológicas convencionales, los cuales se detallan en la tabla 15, de las cuales la información meteorológica de la estación Yauri fue utilizada para estimar los caudales máximos.

Los datos fueron obtenidos del SENAMHI y el ANA, tomando en cuenta los valores de media mensual.

Considerando que el principal aporte para la generación de caudales corresponde a la precipitación en la zona de estudio, para ello es necesario realizar un tratamiento de datos de las estaciones meteorológicas a partir de la regionalización de precipitación para la altitud de la zona de estudio.

6.8. ANALISIS, INTERPRETACION Y EVALUACION DE LOS DATOS METEOROLOGICOS

Al no contar con una estación meteorológica en el área de estudio, se recurrió al uso de la información de 5 estaciones cercanas al área de estudio, las cuales presentan características similares al área de estudio.

Los de registros obtenidos no contaban con información completa, lo cual dificultó su utilización directa.

6.8.1. INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA

Para la selección de las estaciones meteorológicas se tomó en cuenta, la cercanía al área de estudio, la cantidad de años de información, la representatividad de la estación, así como la similitud de las condiciones geográficas del área de estudio. Asimismo, en la selección de las



estaciones se consideraron las estaciones en funcionamiento y las que no se encontraban en funcionamiento.

La información hidrometeorológica utilizada para el presente estudio fue recopilada del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

En la tabla 15 se tiene las 05 estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio, la cual contiene información sobre su ubicación política, geográfica y altitud.

Tabla 16 Estaciones meteorológicas seleccionadas para el área de estudio.

Nombre	Tipo	Ubicación			Latitud (°;')	Longitud (°;')	Altitud (Msnm)
		Región	Provincia	Distrito			
Kayra	Co-607	Cusco	Cusco	San Jerónimo	13° 33' 25"	71° 52' 31"	3219.00
Sicuani	A-4726158c	Cusco	Canchis	Sicuani	14° 14' 14"	71° 14' 12'	3574.00
Pomacanchi	Co-812	Cusco	Acomayo	Pomacanchi	14° 1' 41"	71° 34' 22'	3690.00
Yauri	Co-757	Cusco	Espinar	Yauri	14° 49' 01"	71° 25' 01"	3927.00
Caylloma	Co-753	Arequipa	Caylloma	Caylloma	15° 11' 01"	71° 46' 01"	4327.00

Nota: Se muestran datos de 5 estaciones meteorológicas, y sus coordenadas.

Fuente: Elaboración propia.

6.8.2. ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES

Los registros pluviométricos de las estaciones meteorológicas fueron sometidos a un análisis gráfico y estadístico, los cuales se hicieron para contar con un registro homogéneo, libre de saltos y tendencias, con pruebas de bondad de ajuste, siendo el método de Smirnov Kolmogorov utilizado para este estudio.



6.8.3. COMPLETADO Y EXTENSIÓN DE DATOS.

La información recopilada de SENAMHI, no contaba con algunos datos mensuales de precipitación, e incluso con años de información mensual. Los cuales fueron completados a partir de una estación índice, que para el presente estudio fue la estación Kayra.

El procedimiento comenzó por la selección de un modelo matemático de correlación, el cual fue de regresión lineal simple, seguidamente se estimaron los parámetros de la ecuación de regresión, mediante la cual se pasó a completar los datos vacíos de cada estación a utilizar.

6.9. REGIONALIZACION DE PARAMETROS CLIMATICOS

6.9.1. REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Utilizando el método determinístico entre dos variables que para el presente estudio son de precipitación y altitud, nos permitirá predecir los valores de precipitación con un grado de aproximación bueno. Es así que, mediante la regionalización, el análisis de la precipitación con relación a la altitud, nos conlleva a generar precipitaciones en zonas y/o puntos donde no se cuenta con información.

Tabla 17 Estaciones meteorológicas utilizadas para la regionalización.

Nombre de la estación	Altitud	Precipitación
	Media msnm	Media anual mm
Kayra	3219	673.2
Sicuani	3574	726.9
Pomacanchi	3690	799.1
Yauri	3927	818.1
Caylloma	4327	795.7
Suma	18,737	3,813.1
promedio	3,747.40	762.6

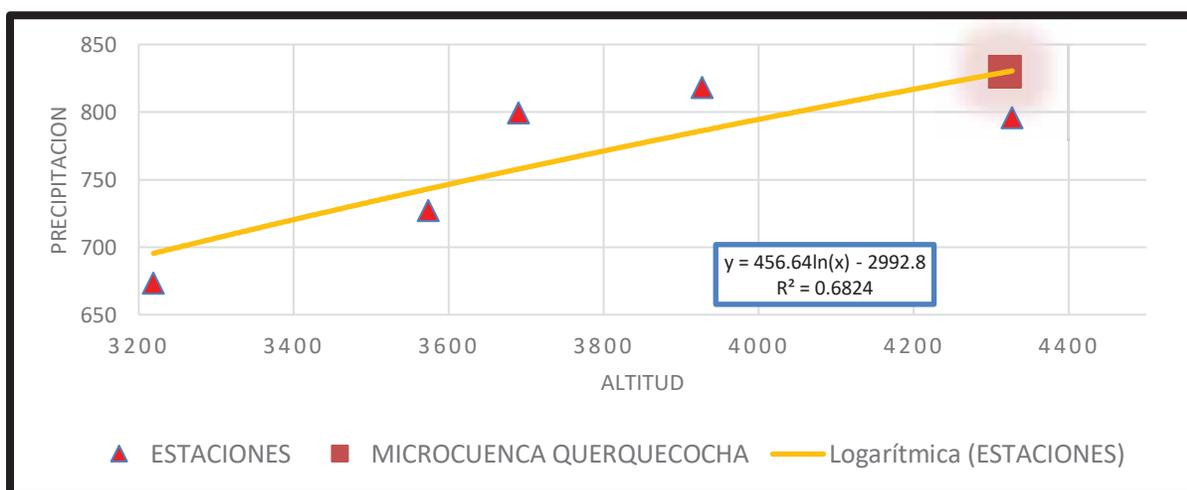
Nota: Se muestran el nombre de las estaciones y datos de altitud media y precipitación media anual.

Fuente: elaboración propia.

Se observa las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis regional, así como las constantes y el coeficiente de correlación entre la precipitación y temperatura de las 5 estaciones. Ver anexo (Figura 125), para las demás ecuaciones realizadas.

Obteniendo la relación logarítmica para la regionalización de la precipitación.

Figura 41 Regresión logarítmica



Nota: Regresión logarítmica, que presenta mejor correlación entre estaciones y mejor ajuste estadístico, tomado para regionalizar. (elaboración propia).

A partir de la ecuación de regresión logarítmica obtenida de la figura 39:

$$y = 456.64\ln(x) - 2992.8$$

Luego de haber tomado en cuenta los factores de proporcionalidad de precipitación, factor de transporte de precipitación, así como los factores de influencia por distancia y altitud de las estaciones con respecto al punto de interés, se obtuvo los factores de influencia total con el cual se obtuvo las precipitaciones regionalizadas para el área de estudio, considerando la altitud media de la cuenca 4999868 de 4644.42 m.s.n.m., el cual se muestra en la tabla 18.



Tabla 18 Precipitaciones regionalizadas para la cuenca 4999868 Querquecocha.

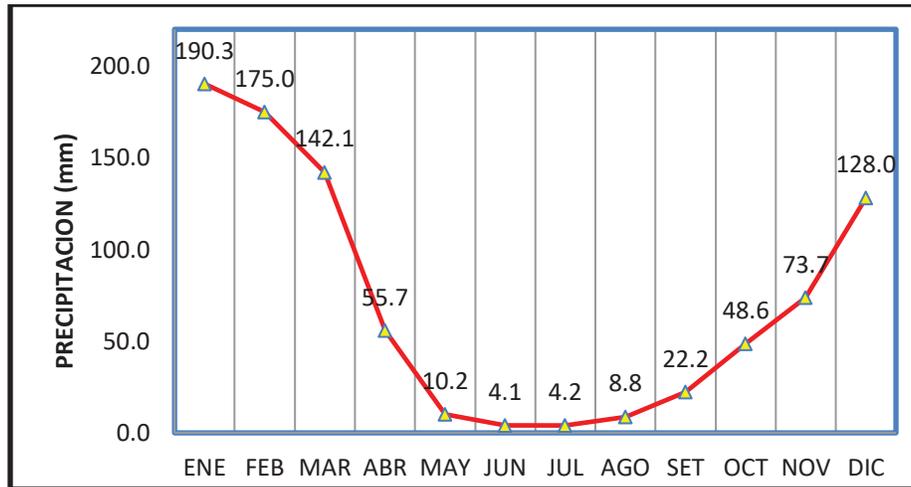
CUENCA 499986 QUERQUECOCHA				Latitud :	14° 38' 58.76"	S	Departamento :		CUSCO					
				Longitud :	71° 50' 34.02"	W	Provincia :		CHUMBIVILCA					
				Altitud :	4,644	msnm	Distrito :		VELILLE					
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	156.5	157.6	138.0	58.1	20.0	0.0	0.5	2.6	12.0	32.8	47.5	107.0	732.6
2	1965	102.0	156.4	137.3	55.7	4.1	0.4	3.2	1.6	34.3	45.0	50.1	193.3	783.4
3	1966	117.2	182.3	99.5	18.1	33.0	0.0	0.0	2.3	22.9	96.9	105.7	119.7	797.6
4	1967	103.6	154.5	210.6	46.3	14.4	0.7	18.8	18.8	41.3	63.9	46.9	124.6	844.4
5	1968	240.0	160.3	166.4	36.2	11.7	5.8	22.6	14.8	22.6	88.8	124.8	96.6	990.5
6	1969	176.7	168.3	118.8	56.4	2.6	2.8	7.0	4.6	16.0	40.1	85.0	126.7	805.1
7	1970	223.9	191.0	143.4	64.1	6.9	0.3	3.4	3.9	50.9	40.9	44.3	182.0	954.9
8	1971	179.4	257.5	115.0	52.4	4.1	0.7	0.0	2.7	3.0	23.2	29.7	141.2	808.9
9	1972	230.4	148.5	159.3	57.8	5.3	0.0	10.4	17.7	28.8	46.1	57.8	137.5	899.7
10	1973	277.7	218.4	185.9	122.0	14.4	0.3	6.5	9.1	30.9	39.4	83.2	124.3	1112.1
11	1974	242.2	241.1	127.4	52.5	3.3	13.5	1.6	61.4	16.7	27.2	43.4	93.9	924.2
12	1975	193.3	206.4	146.4	71.6	34.0	3.5	0.0	3.1	27.7	47.9	48.9	167.4	950.3
13	1976	199.4	172.5	163.0	41.2	15.4	16.2	2.1	16.0	53.7	16.7	33.6	93.0	822.6
14	1977	95.3	243.6	126.4	28.6	8.6	0.0	4.5	0.5	29.4	55.8	104.7	99.7	797.1
15	1978	270.6	88.7	104.0	59.8	4.7	2.3	1.4	1.0	16.4	35.1	108.5	120.3	812.8
16	1979	183.9	126.2	158.6	46.4	6.8	3.2	1.0	13.0	22.6	50.1	56.1	129.3	797.1
17	1980	159.6	188.5	136.9	39.2	7.4	5.5	11.1	7.1	21.1	58.1	64.3	119.2	818.0
18	1981	207.6	146.9	189.1	42.9	14.4	4.3	0.4	12.8	23.9	71.7	75.1	126.0	915.2
19	1982	173.7	125.6	193.8	40.9	1.9	5.4	2.4	3.9	19.9	63.6	71.6	105.6	808.3
20	1983	204.4	146.3	152.7	30.8	5.0	5.6	0.8	2.9	23.2	30.0	45.5	140.1	787.4
21	1984	192.9	161.7	127.6	82.3	6.0	2.1	2.3	13.6	10.3	70.4	122.0	120.6	911.9
22	1985	150.9	182.2	128.2	63.0	28.3	12.7	1.2	15.3	33.8	73.5	192.4	123.7	1005.2
23	1986	188.0	146.4	155.5	88.8	9.0	2.5	1.7	10.0	19.6	50.6	85.7	143.8	901.6
24	1987	299.9	117.5	55.7	35.7	13.0	5.5	15.8	0.3	22.2	45.7	97.0	149.3	857.6
25	1988	268.5	183.1	145.6	92.2	5.6	1.0	2.0	0.1	11.1	17.2	32.4	107.2	866.1
26	1989	174.9	146.2	160.3	62.3	8.7	7.3	0.4	7.0	27.5	63.3	60.5	118.0	836.3
27	1990	138.4	170.9	143.5	61.5	20.1	21.8	0.2	7.3	13.6	67.7	75.2	133.3	853.5
28	1991	190.0	189.6	154.8	55.6	12.3	19.1	1.1	6.4	36.1	36.5	54.9	127.5	884.0
29	1992	137.2	108.7	95.6	33.4	2.1	13.1	0.6	38.4	6.6	61.5	78.7	78.0	653.9
30	1993	246.8	117.8	140.9	87.0	4.7	2.3	2.4	14.5	15.0	82.5	146.8	160.6	1021.4
31	1994	235.7	212.5	151.7	62.9	11.2	0.6	0.2	0.5	19.0	30.4	64.7	125.9	915.3
32	1995	145.2	138.2	186.4	48.0	8.1	0.7	1.8	2.6	23.3	30.4	77.9	138.0	800.5
33	1996	196.9	190.4	89.7	64.4	13.3	2.5	0.0	18.3	19.8	48.7	54.8	130.6	829.3
34	1997	222.8	209.6	142.1	41.5	8.4	0.0	1.8	25.1	38.7	33.9	118.4	112.3	954.6
35	1998	191.9	149.7	101.9	18.4	0.2	1.3	0.0	4.6	1.3	49.4	63.3	97.2	679.2
36	1999	163.8	226.3	146.7	90.9	8.9	7.3	0.5	1.0	42.8	46.3	35.0	133.7	903.1
37	2000	197.5	211.4	159.5	28.2	13.2	6.8	2.5	11.8	13.1	81.7	34.6	138.7	898.9
38	2001	285.3	242.9	212.6	73.2	21.7	1.6	13.3	10.3	18.3	41.2	67.6	120.0	1107.8
39	2002	132.4	252.8	153.7	85.5	20.6	1.8	24.1	3.9	33.4	79.3	95.2	143.4	1026.2
40	2003	166.2	176.6	188.5	50.1	8.4	5.0	0.1	7.1	17.1	28.8	50.0	133.7	831.5
41	2004	219.0	188.2	90.5	49.6	5.5	6.7	15.1	15.0	32.1	27.2	52.7	103.4	805.1
42	2005	115.2	169.9	136.3	49.6	1.9	0.6	0.7	3.1	7.1	47.9	58.9	151.9	743.0
43	2006	242.2	181.8	190.6	73.2	1.9	4.9	0.8	7.5	16.4	58.0	90.4	120.1	987.9
44	2007	157.3	136.7	165.1	59.0	7.8	0.0	4.4	0.0	11.1	39.8	79.0	108.3	768.6
45	2008	186.9	136.0	97.4	11.5	6.4	2.7	0.1	1.3	5.3	59.0	47.3	146.1	700.3
46	2009	128.1	142.4	131.1	36.1	9.6	2.4	8.2	6.3	21.1	22.8	227.4	112.3	847.9
47	2010	252.8	158.8	143.9	65.5	9.0	0.2	1.6	4.9	10.3	41.4	55.4	157.6	901.4
48	2011	185.1	224.4	127.0	67.2	7.6	1.7	3.6	3.4	57.7	24.6	49.4	149.1	900.8
49	2012	192.6	243.6	116.3	70.0	7.4	2.3	1.1	0.8	14.0	40.0	86.2	138.9	913.3
50	2013	227.8	139.3	129.1	26.6	6.9	7.0	1.3	12.6	9.1	47.5	60.7	158.2	826.0
51	2014	165.1	151.2	113.4	36.7	7.2	1.6	3.8	3.5	34.2	63.1	63.0	145.5	788.3
52	2015	182.6	167.1	133.9	81.0	14.2	3.5	7.6	8.2	12.3	25.8	46.8	138.1	821.2
53	2016	172.6	228.8	137.2	76.9	3.3	0.1	4.9	3.3	14.1	59.2	54.4	89.3	844.1
54	2017	184.3	167.1	146.0	57.2	21.4	1.3	2.1	8.0	14.7	58.0	72.1	110.2	842.5
	Media	190.3	175.0	142.1	55.7	10.2	4.1	4.2	8.8	22.2	48.6	73.7	128.0	862.78

Nota: Se muestra datos de precipitaciones medias anuales. Fuente: Elaboración propia.

Br. Chara Holguín Jefferson.

Br. Soncco Mamani Yozman Edison.

Figura 42 Comportamiento de la precipitación mensual en la cuenca 4999868 Querquecocha.



Nota: Se muestran valores de precipitación en mm para todos los meses (Elaboración propia)

De la figura 40, se concluye que el valor máximo de precipitación mensual ocurre en el mes de enero con un valor de 190.3 mm/mes, mientras que opuestamente a este, en el mes de junio se tiene la precipitación mínima de 4.1 mm/mes. Consecuentemente se tiene que la precipitación anual regionalizada para el área de estudio es de 862.882 mm/año.

De la misma manera se calculó las precipitaciones para cada curva de nivel en intervalos de 100 metros, datos que se observan en la tabla 20. Ver anexo tabla 17

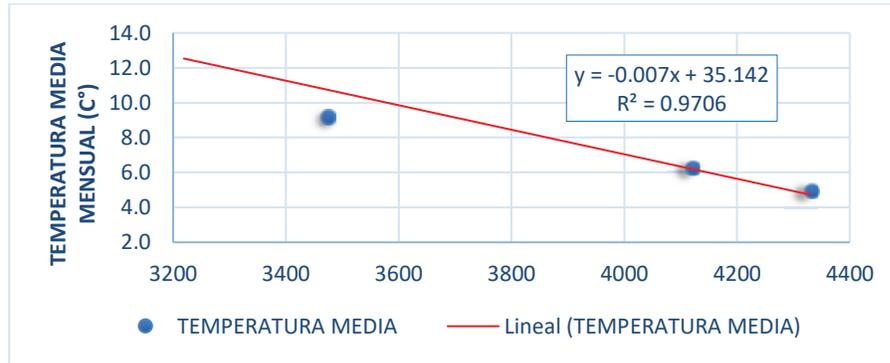
6.9.2. REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

Para regionalizar la temperatura media mensual para el área de estudio, se vio conveniente utilizar el modelo de regresión lineal, temperatura - altitud, tal como se observa en la tabla 52.

Así mismo, a partir de la regionalización de la temperatura se tiene idea del comportamiento térmico en el ámbito de estudio, observándose que este varía influenciado principalmente por la altitud y la dirección de los vientos, obteniéndose como resultado la tabla 52

y la figura 41 la ecuación de regresión lineal simple de regionalización. Se presenta la información histórica de las estaciones meteorológicas en anexos. Ver anexo tabla 43

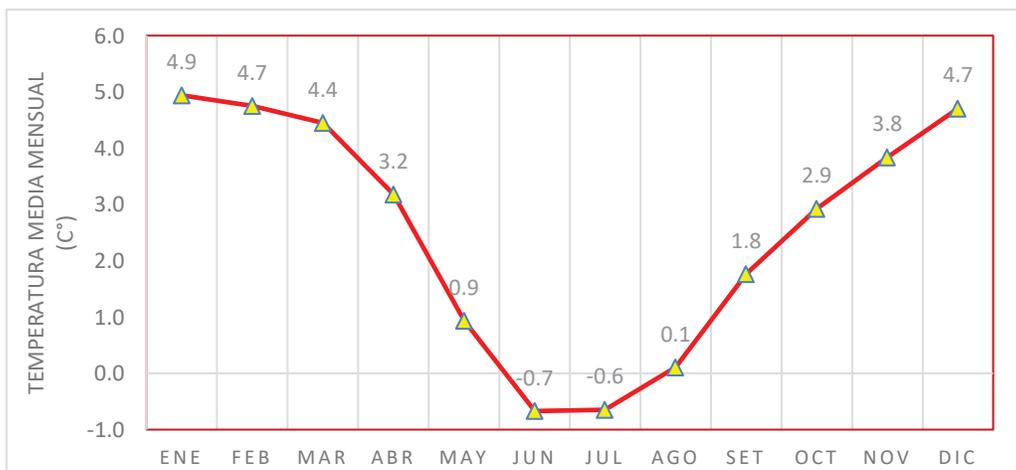
Figura 43 Regresión lineal simple de la temperatura media mensual de las estaciones



Nota: Se muestran datos de temperatura media mensual, temperatura media y la ecuación lineal de color rojo. (Elaboración propia)

Acorde a la figura 35, se concluye que el valor máximo de la temperatura media mensual se da en el mes de enero con un valor de 4.9 °C, mientras que por el contrario en el mes de junio se tiene la temperatura media mínima siendo esta de -0.7 °C. Consecuentemente se tiene que la temperatura media anual regionalizada para el área de estudio es de 2.5°C.

Figura 44 Comportamiento de la temperatura media mensual de la cuenca 4999868 Querquecocha.



Nota: Se muestran datos de temperatura media mensual para todos los meses. (Elaboración propia)

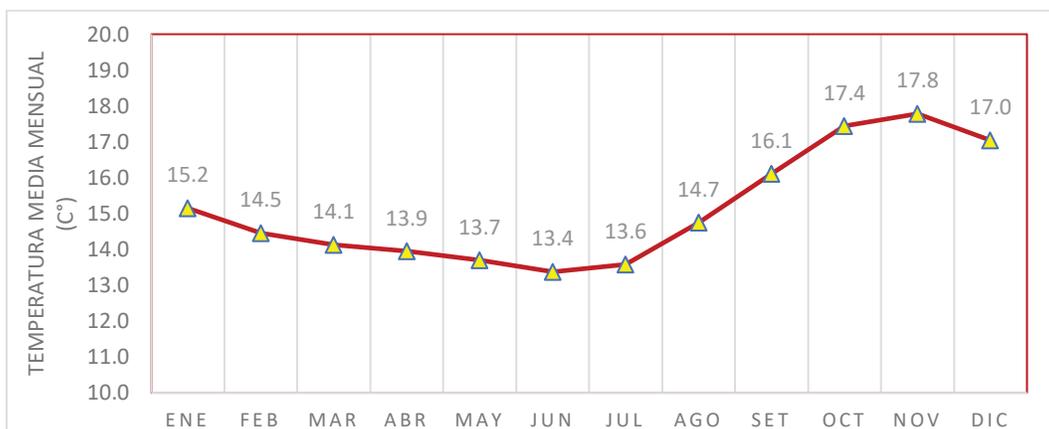


De la misma manera se calculó las temperaturas para cada curva de nivel en intervalos de 100 metros, datos que se observan en el anexo la tabla 43.

6.9.3. REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA MENSUAL

La regionalización del valor de la temperatura máxima media mensual fue determinada a partir del modelo de regresión lineal, temperatura - altitud, tal como se observa en la tabla 54. Ver anexo tabla 54

Figura 45 Comportamiento de la temperatura máxima media mensual de la cuenca 4999868 Querquecocha



Nota: Se muestran datos de temperatura media mensual máxima para todos los meses. (Elaboración propia).

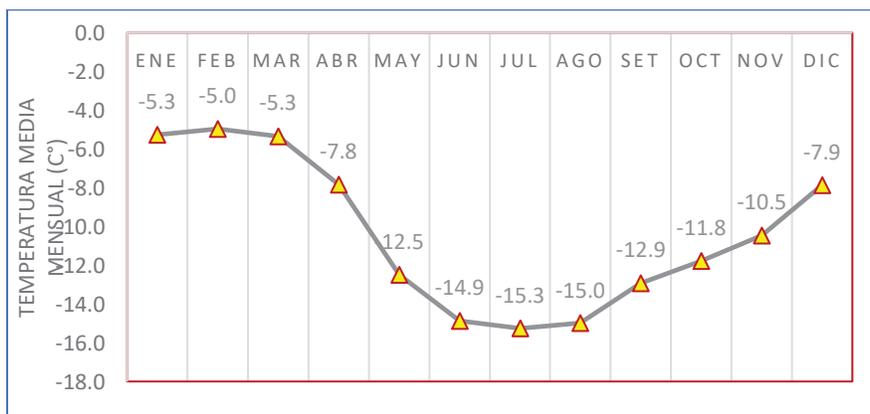
De acuerdo a la figura 43, se concluye que el valor máximo temperatura máxima media mensual ocurre en el mes de noviembre con un valor de 17.8 °C, mientras que por el contrario en el mes de junio se tiene el valor mínimo de la temperatura máxima media, siendo este de 13.4 °C. Consecuentemente se tiene que la temperatura máxima media anual regionalizada para el área de estudio es de 15.1°C.

6.9.4. REGIONALIZACIÓN DE LA TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA MENSUAL

La regionalización del valor de la temperatura mínima media mensual fue determinada a partir del modelo de regresión lineal, temperatura - altitud, como se muestra en la tabla 55.

Se concluye que el valor más alto de la temperatura mínima media mensual se da en el mes de febrero con un valor de $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que por el contrario en el mes de junio se tiene el valor más bajo de la temperatura mínima media mensual, siendo esta de $-15.3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Consecuentemente se tiene que la temperatura mínima media anual regionalizada para el área de estudio es de $-10.3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 46 Comportamiento de la temperatura mínima media mensual de la cuenca 4999868 Querquecocha

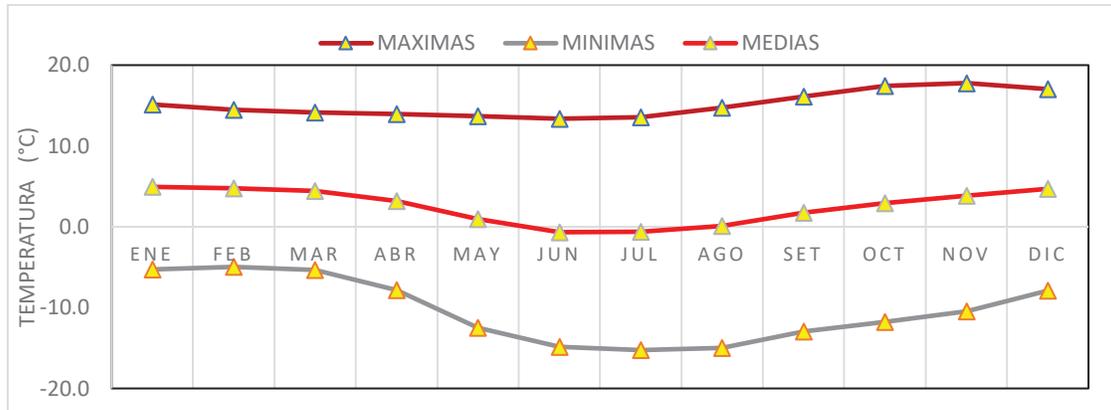


Nota: Se muestran datos de temperatura media mensual para todos los meses. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez regionalizado la temperatura media, máxima y mínima media mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha, Se obtuvo la figura 45, donde se muestra el comportamiento de la temperatura para el área de estudio, así como la correlación que existe entre estas.



Figura 47 Comportamiento de la temperatura media, máxima y mínima media mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.

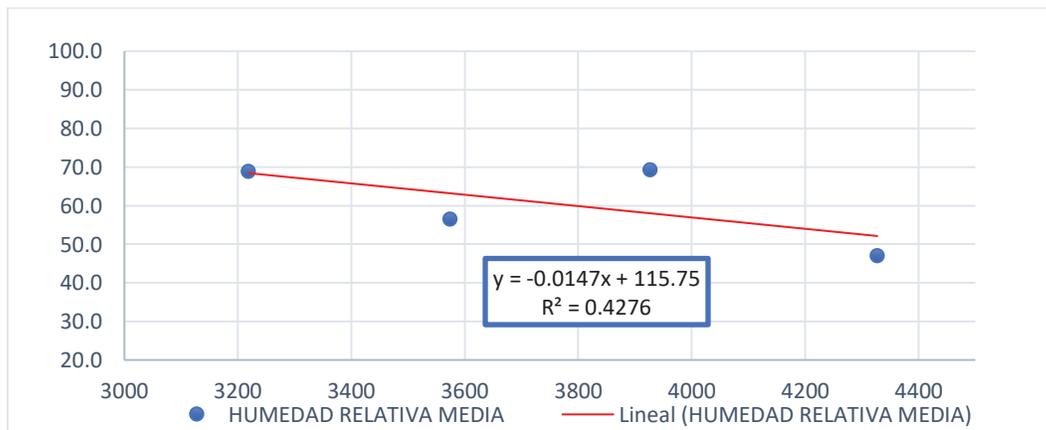


Nota: Se muestran datos de temperatura máxima, mínima y media obtenidos a partir de la regionalización. Fuente: Elaboración propia.

6.9.5. REGIONALIZACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL.

Para la regionalización de la humedad relativa media mensual se optó por utilizar el modelo de regresión lineal, humedad relativa - altitud, tal como se observa en la tabla 56., obteniéndose como resultado la figura 46.

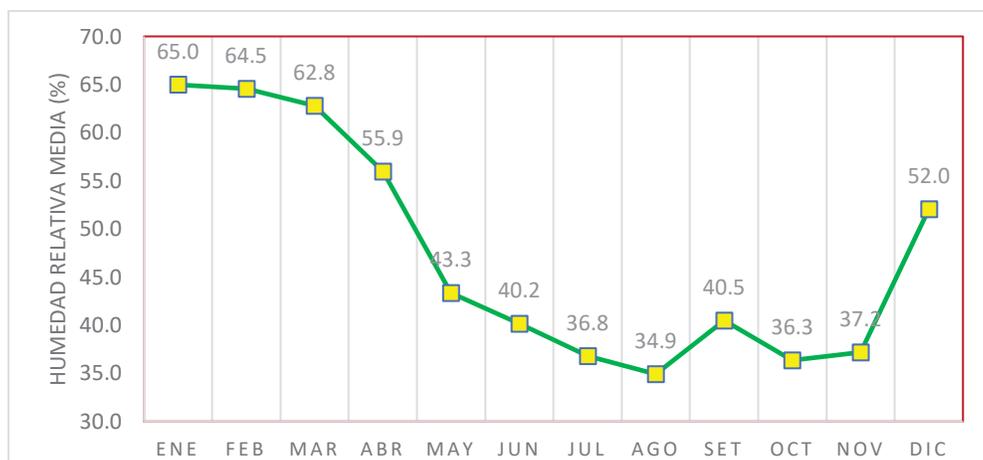
Figura 48 Regresión lineal simple de la humedad relativa media mensual de las estaciones



Nota: Se muestran datos de humedad relativa y la ecuación de regresión lineal de color rojo. (Elaboración propia)



Figura 49 Comportamiento de humedad relativa media mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.



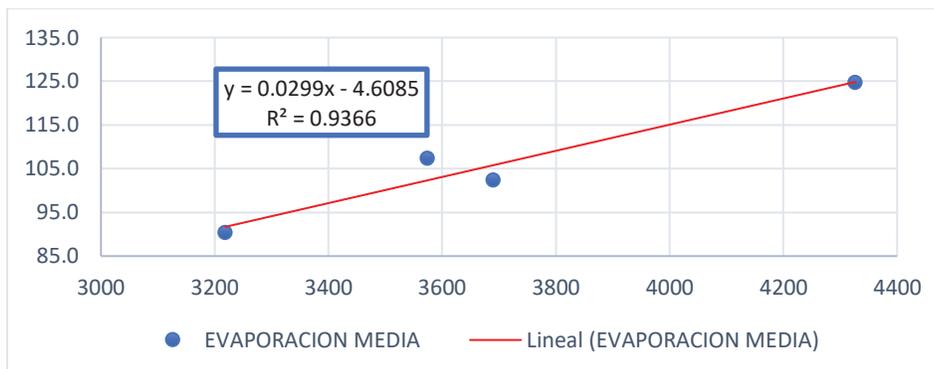
Nota: Se muestran datos de humedad relativa media para todos los meses. (Elaboración propia)

Se concluye que el valor más alto de la humedad relativa media mensual se da en el mes de enero, siendo este el de 65 %, mientras que por el contrario en el mes de agosto se tiene el valor más bajo de humedad relativa media mensual, siendo esta de 34.9 %. Consecuentemente se tiene que la humedad relativa media anual regionalizada para el área de estudio es de 47,5 %.

6.9.6. REGIONALIZACIÓN DE LA EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL.

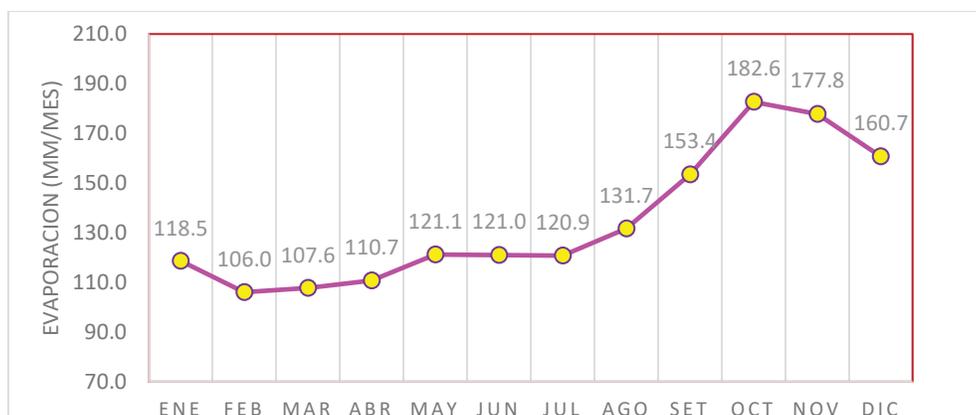
Para la regionalización de la evaporación media mensual se ha utilizado el modelo de regresión lineal, evaporación - altitud, tal como se observa en la tabla 57. Obteniéndose como resultado en la figura 48.

Figura 50 Regresión lineal simple de la evaporación media mensual de las estaciones



Nota: Se muestran datos de regresión lineal para la evapotranspiración media mensual. (Elaboración propia).

Figura 51 Comportamiento de la evaporación media mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.



Nota: se muestran datos de evapotranspiración media mensual para todos los meses. (Elaboración propia)

Según la figura 49, se concluye que el valor más alto de la evaporación media mensual ocurre en octubre con un valor de 182 mm/mes mientras que por el contrario en febrero se tiene el valor más bajo de evaporación media mensual, siendo esta de 106 mm/mes. Consecuentemente se tiene que el valor de la evaporación media anual regionalizada para el área de estudio es de 134.3 mm/mes. Obtenido el valor de 134.3 mm/mes, el cual representa la evaporación anual, se pasó a correlacionar con los valores de temperatura máxima regionalizadas para el área de estudio.



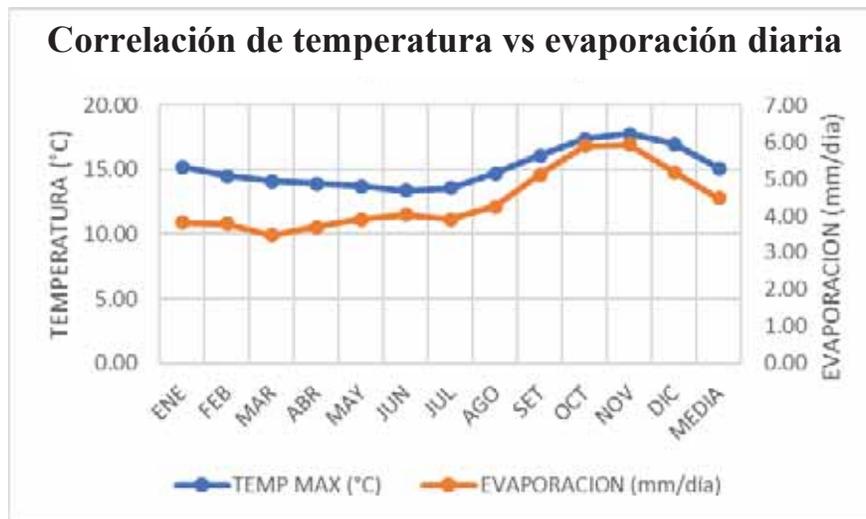
Para lo cual se estimó la evaporación diaria en mm/día, comparando este valor con la temperatura máxima diaria en un determinado mes, valores que se muestran en la tabla 27 y figura 50 y 51.

Tabla 27 Regionalización de la evaporación para la cuenca 4999868 Querquecocha.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
TEMP MAX (°C)	15.20	14.50	14.10	13.90	13.70	13.40	13.60	14.70	16.10	17.40	17.80	17.00	15.10
EVAPORACION (mm/día)	3.82	3.79	3.47	3.69	3.91	4.03	3.90	4.25	5.11	5.89	5.93	5.18	4.48
N° DIAS	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	30.00
EVAPORACION (mm/mes)	118.50	106.00	107.60	110.70	121.10	121.00	120.90	131.70	153.40	182.60	177.80	160.70	134.30

Nota: se muestran datos de evaporación diaria y temperatura máxima para todos los meses. (Elaboración propia)

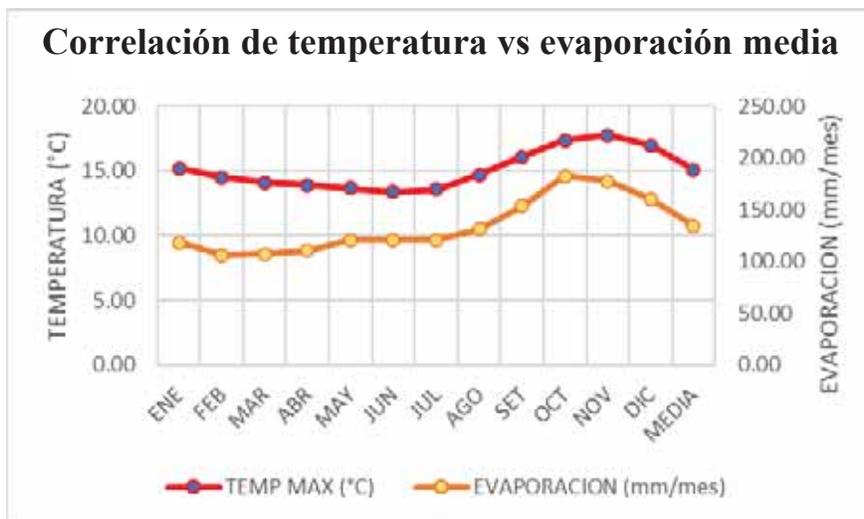
Figura 52 correlación de la evaporación diaria y la temperatura máxima mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.



Nota: se muestran datos de evaporación diaria y temperatura máxima para todos los meses. (Elaboración propia)



Figura 53 correlación de la evaporación mensual y la temperatura máxima mensual para la cuenca 4999868 Querquecocha.



Nota: se muestran datos de evaporación mensual y temperatura máxima para todos los meses. (Elaboración propia)

Se concluye que los valores de evaporación obtenidos a partir de la regionalización de la misma, se ajustan y tienen buena correlación con respecto a la temperatura máxima mensual.

Considerándose que los valores obtenidos de evaporación mensual están dentro de los valores aceptables. Tal y como se muestra en la siguiente tabla 28.

Tabla 28 Regionalización de la evaporación para la cuenca 4999868 Querquecocha.

ESTACION KAYRA - EVAPORACION TOTAL DIARIA EN (mm) tanque de evaporación - ALTITUD: 3219													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
MES	87.59	66.95	81.316	87.142	75.54	86.36	76.82	109.4	110.9	109.5	107.9	84.2	
DIARIO	2.82	2.39	2.62	2.90	2.43	2.87	2.47	3.52	3.69	3.53	3.5	2.71	
CUENCA QUERQUECOCHA - EVAPORACION TOTAL DIARIA EN (mm) Regionalizada - ALTITUD: 4644													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
EVAPORACION (mm/día)	3.82	3.79	3.47	3.69	3.91	4.03	3.90	4.25	5.11	5.89	5.93	5.18	4.48

Nota: se muestran datos de evaporación diaria por meses. (Elaboración propia)



6.10. CLASIFICACION DE ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE

Las zonas de vida de Holdridge se obtuvieron a partir de los datos de regionalización de las precipitaciones, temperatura media, temperatura máxima y mínima para las diferentes altitudes, a intervalos de 50 metros.

6.10.1. ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE

En la tabla 29, se muestran las zonas de vida para la zona de estudio.

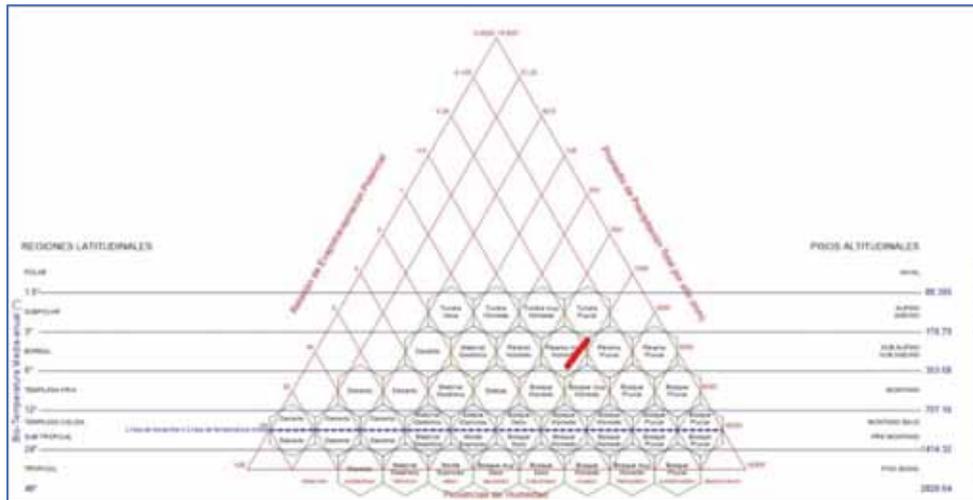
Tabla 29 Zonas de Vida de Holdridge de la cuenca 4999868 Querquecocha.

Altitud m.s.n.m.	Bioperatura °C	Precipitación mm	Evapotranspiración potencial mm	Relación ETP	Región Latitudinal	Piso Altitudinal	Provincia Humedad	Zona de vida
4400	5.45	839.78	321.34	0.38264	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4450	5.24	845.69	309.00	0.36539	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4500	5.04	851.60	297.05	0.34881	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4550	4.84	857.51	285.46	0.33290	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4600	4.65	863.42	274.23	0.31761	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4650	4.47	869.34	263.35	0.30293	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4700	4.29	875.25	252.80	0.28883	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4750	4.12	881.16	242.58	0.27529	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4800	3.95	887.07	232.67	0.26229	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Perhumedo	Páramo muy humedo
4850	3.79	892.98	223.07	0.24980	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Supersaturado	Páramo muy humedo
4900	3.63	898.89	213.77	0.23781	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Supersaturado	Páramo muy humedo
4950	3.47	904.80	204.76	0.22630	Boreal	Sub Alpino / Sub Andino	Supersaturado	Páramo Pluvial

Nota: Se muestran datos de evapotranspiración potencial para determinadas altitudes.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 54 Diagrama bioclimático de zonas de vida en el mundo de Holdridge



Nota: Diagrama bioclimático para clasificación de zonas de vida en el mundo de Holdridge, donde se muestran las zonas de vida correspondientes al área de estudio en puntos rojos. (Elaboración propia).

Se concluye que el área de estudio presenta dos zonas de vida, los cuales son Paramo muy húmedo Sub Andino Boreal entre las altitudes de 430 m.s.n.m. y 4900 m.s.n.m., y Paramo fluvial Sub andino Boreal entre la altitud de 4900 y la altitud máxima que presenta la cuenca 4999868.

6.11. ESTIMACION DE CAUDALES EXTREMOS

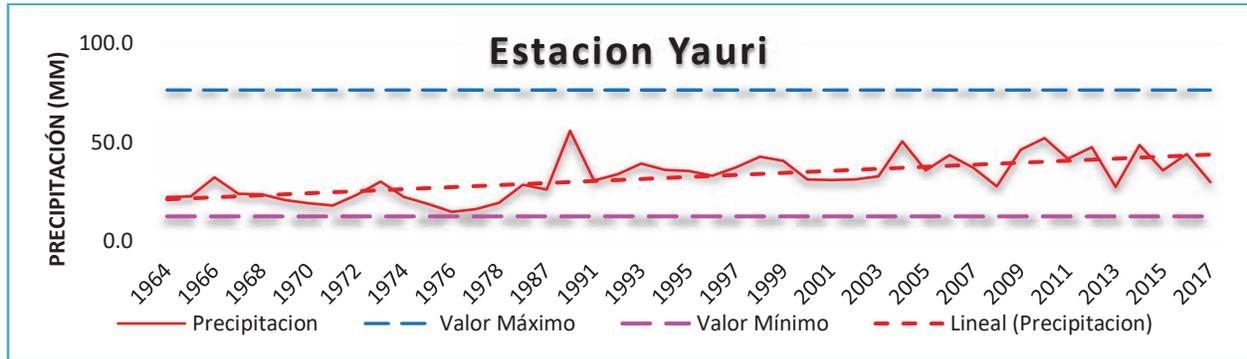
Los análisis de las precipitaciones máximas y períodos de retorno de diseño, se han efectuado en base de las precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la estación de Yauri. Esta estación cuenta con un registro desde el año de 1964 hasta el año 2017.

Debe considerarse que en la zona no hay registros pluviométricos por lo que las características de tormentas se efectuaron en base a fórmulas indirectas de desagregación. Así mismo se sometió a las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Yauri al análisis de



datos dudosos. De donde de acuerdo en el anexo (cuadro 57), se observa que la estación Yauri no presenta datos dudosos. Ver figura 53.

Figura 55 Análisis de datos dudosos de las precipitaciones máximas de la estación Yauri.



Nota: Se muestran valores de precipitación, valores máximos, mínimos en mm. (Elaboración propia)

A partir del análisis de datos dudosos de las precipitaciones máximas de la estación Yauri se obtuvo los parámetros estadísticos, los cuales se muestran en la tabla 30.



Tabla 30 Parámetros estadísticos de la precipitación máxima en 24 horas de la estación Yauri.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	45.00	45
Sumatoria	1453.00	66.87
Valor Máximo	55.70	1.75
Valor Mínimo	14.60	1.16
Media:	32.29	1.486
Varianza:	107.57	0.021
Desviación Estándar:	10.37	0.146
Coficiente Variación:	0.32	0.098
Coficiente de Sesgo:	0.33	-0.2865

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= \quad 1.88$$

Precipitación máxima aceptaba

$$PH= 10^{xH} \quad PH= \quad 76.36 \text{ mm}$$

No existen datos dudosos alto de la muestra

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= \quad 1.09$$

Precipitación mínima aceptaba

$$PH= 10^{xH} \quad PL= \quad 12.28 \text{ mm}$$

No existen datos dudosos mínimo de la muestra

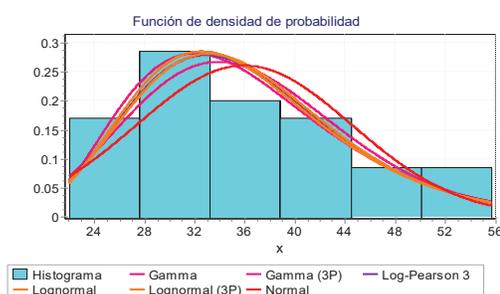
Nota: se muestran datos de los parámetros estadísticos, y las fórmulas empleadas para su cálculo.

Fuente: Elaboración propia.

6.11.1. MODELOS DE DISTRIBUCION

Este registro ha sido sometido a un análisis de frecuencias para obtener las precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. Sometiéndose a la estación Yauri al análisis de frecuencia, obteniéndose modelos de distribución, los cuales se observan en la figura 54.

Figura 56 Distribución de densidades de probabilidad.



Nota: Elaboración propia.

Una vez obtenido el histograma, así como la función de densidad de probabilidad, se tiene que las distribuciones de tipo Gamma de 3 parámetros, Log Pearson tipo III, Log normal de 2 parámetros y Log normal de 3 parámetros presentan una función de probabilidad similares y aceptables. En la tabla 31 se muestra los parámetros del resultado de los ajustes de distribuciones de la estación Yauri.



Tabla 31 Ajuste de las distribuciones de la estación Yauri.

Distribución	Parámetros
Gamma	a=17.503 b=2.0556
Gamma (3P)	a=4.9157 b=3.9418 g=16.604
Log-Pearson 3	a=2492.5 b=0.00476 g=-8.3009
Lognormal	s=0.23407 m=3.5556
Lognormal (3P)	s=0.28425 m=3.3602 g=6.0109
Normal	s=8.6001 m=35.98

**Nota: se muestran resultados de ajuste de las distribuciones de la estación Yauri.
Fuente: Elaboración propia.**

Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de ajuste, que son pruebas de hipótesis que se utilizan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida. De acuerdo a la estadística, las más conocidas son la Chi-cuadrado, Anderson Darling y Kolmogorov smirnov, siendo esta última, la prueba de bondad seleccionada, ya que permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste, observándose que la distribución de tipo Gamma de tres parámetros es la que presenta mejor ajuste de las precipitaciones máximos de la estación Yauri.



Tabla 32 Resumen de bondad de ajuste de la estación Yauri.

Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
	Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
Gamma (3P)	0.05717	1	0.15319	1	0.48539	3
Lognormal (3P)	0.06015	2	0.16192	3	0.49497	4
Log-Pearson 3	0.06057	3	0.15846	2	0.20297	1
Lognormal	0.0649	4	0.17664	4	0.20694	2
Gamma	0.07654	5	0.19853	5	0.55434	5
Normal	0.10835	6	0.4046	6	2.0284	6

Nota: se muestran datos de ajuste para cada distribución.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 32, se concluye que la distribución de tipo Gama de 3 parámetros presenta un mejor ajuste estadístico acorde a Kolmogorov y Anderson, mientras que en el caso de Chi-cuadrado el que presenta mejor ajuste es la distribución Log Pearson tipo III.

6.11.2. PRECIPITACION EXTREMA Y PERIODOS DE RETORNO

Siendo el Periodo de Retorno el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada T años, fue necesario estimarlo, es así que se tomó en cuenta la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura, así como el riesgo de falla admisible, datos que se muestran en la tabla 33.



De la misma manera el modelo probabilístico que mejor se ajusta a los datos es el de Gamma de 3 parámetros, pero se vio por conveniente usar el promedio de 3 distribuciones, en vista de que estos presentaban una función de probabilidad similares, resultados que se presentan en la tabla 18, donde se muestran las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno, así como el riesgo y vida útil que estos representan.

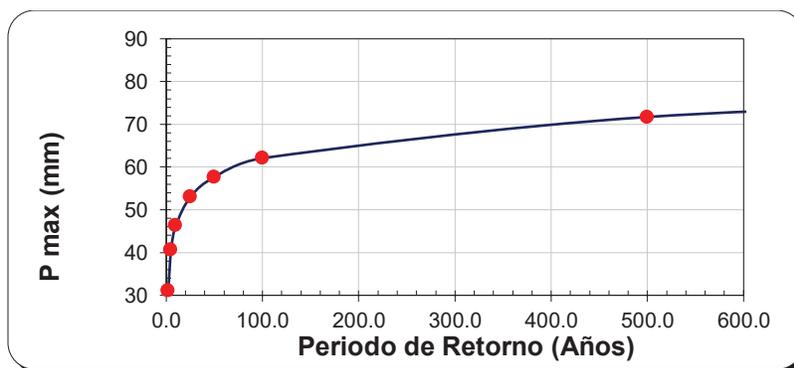
Tabla 19 Periodo de retorno y precipitación de diseño para diferentes periodos de retorno.

Periodo de retorno	T	2	5	10	25	50	100	500	1000
Riesgo de falla	R	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.18
Vida útil	N	1.00	1.30	2.70	7.00	14.00	29.00	144.00	200.00
Precipitación máxima de diseño (mm)									
Gamma 3P		30.95	40.57	46.40	53.26	58.05	62.61	72.56	76.65
Log Pearson III		31.12	40.75	46.50	53.20	57.82	62.18	71.56	75.36
Log normal		31.23	40.51	46.06	52.55	57.10	61.44	71.03	75.02
Promedio		31.10	40.61	46.32	53.00	57.66	62.08	71.72	75.67

Nota: se muestran datos de periodo de retorno y datos de precipitación de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 57 Precipitación de diseño - Periodo de retorno.



Nota: Se muestran precipitaciones máximas para diferentes años de periodos de retorno. (Elaboración propia)



6.11.3. CURVAS IDF (CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA)

Una vez obtenido las precipitaciones para los distintos periodos de retorno, se procedió a estimar la intensidad de la precipitación para una duración menor a 24 horas.

A continuación, se muestran las tablas donde se visualizan la distribución en el tiempo de la precipitación y la intensidad de precipitación, así mismo se muestra el grafico IDF para 2,5,10,25,50,100 y 500 años de periodo de retorno.

Tabla 34 Precipitaciones máximas probables para distintas frecuencias.

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	31.1000	0.5753	35.1430
5	1.4999	40.6083	0.8496	45.8874
10	2.2504	46.3190	0.9247	52.3405
25	3.1985	53.0027	0.9674	59.8930
50	3.9019	57.6570	0.9819	65.1524
100	4.6001	62.0767	0.9897	70.1466
500	6.2136	71.7160	0.9970	81.0391

Nota: Datos de precipitaciones máximas para distintas frecuencias y diferentes periodos de retorno.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 35 Regresión potencial para los distintos periodos de retorno.

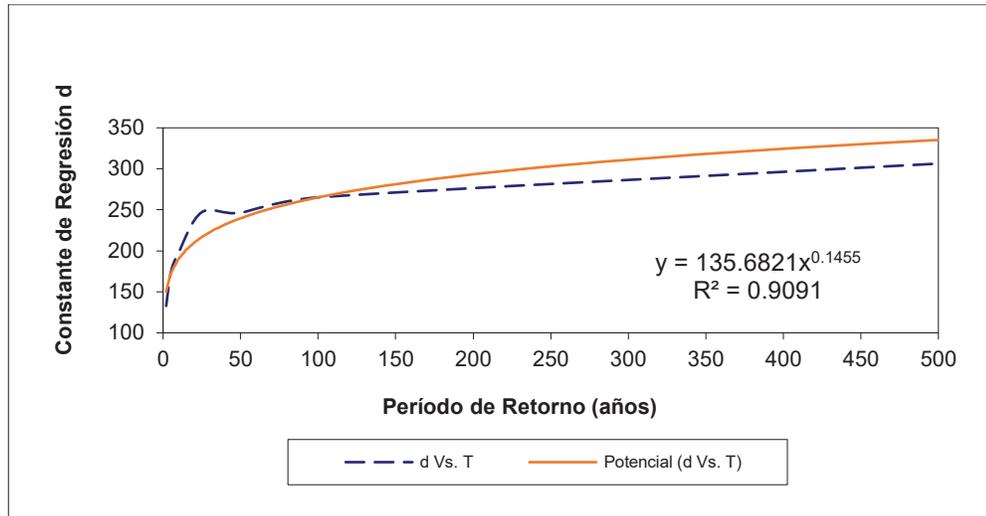
Nº	X	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	132.8590	0.6931	4.8893	3.3890	0.4805
2	5	173.4785	1.6094	5.1561	8.2983	2.5903
3	10	197.8745	2.3026	5.2876	12.1752	5.3019
4	25	247.1000	3.2189	5.5098	17.7353	10.3612
5	50	246.3103	3.9120	5.5066	21.5419	15.3039
6	100	265.1911	4.6052	5.5805	25.6989	21.2076
7	500	306.3703	6.2146	5.7248	35.5774	38.6214
7	692	1569.1838	22.5558	37.6546	124.4161	93.8667
Ln (K) =	4.9103	K =	135.6821	m =	0.1455	

Nota: se muestran datos para regresión potencial para diferentes periodos de retorno.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 35 se muestra el resultado de la regresión potencial para los distintos periodos de retorno y sus respectivas precipitaciones de diseño, así mismo las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se expresó como una ecuación con la finalidad de evitar la lectura de la precipitación de diseño en una gráfica, para lo cual fue necesario determinar la regresión potencial de los distintos periodos de retorno.

Figura 58 Regresión potencial de los periodos de retorno.



Nota: Se muestran constantes de regresión para diferentes periodos de retorno en años (Elaboración propia).

Seguidamente se obtuvo los factores característicos del área de estudio, obteniendo la ecuación para determinar la intensidad para el área de estudio.

$$I = \frac{135.6821 * T^{0.145523}}{t^{0.618849}}$$

I = intensidad de precipitación (mm/hr).

T = Periodo de Retorno (años).

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

Con la ecuación determinada se obtuvo la tabla 36, donde se muestra los distintos valores de intensidad, para los distintos periodos de retorno, así como distintos periodos de duración de tormenta. Con el cual se obtuvo las curvas IDF, los cuales representan de diseño



que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, obteniéndose la tabla 36 y figura 57.

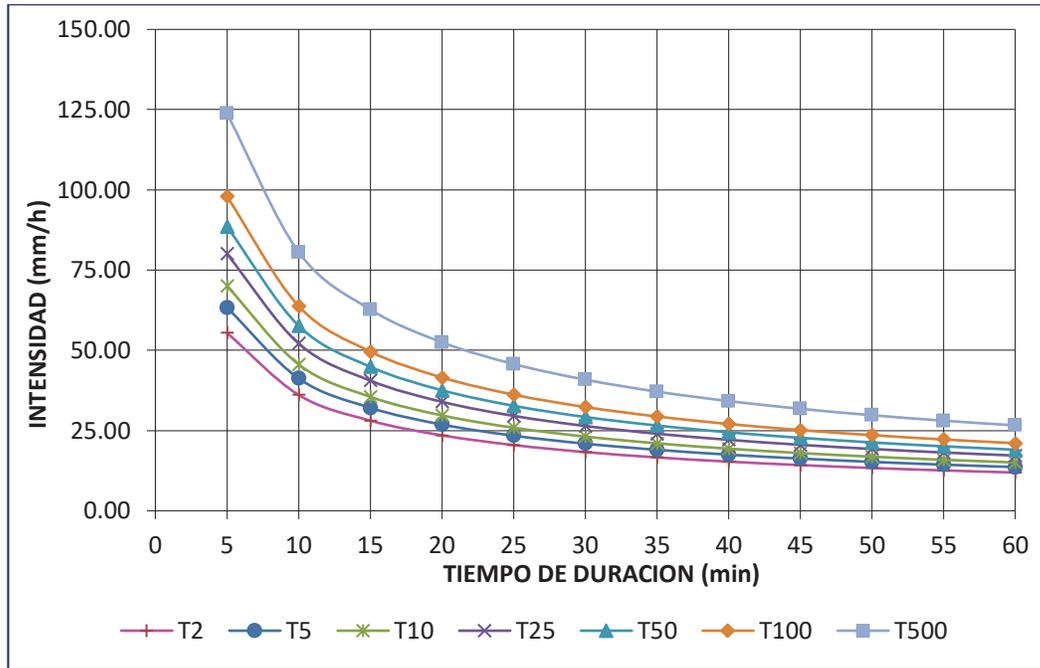
Tabla 36 Intensidades - tiempo de duración para el área de estudio.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia		Duración en minutos										
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	55.43	36.10	28.09	23.51	20.47	18.29	16.63	15.31	14.23	13.33	12.57	11.91
5	63.34	41.25	32.09	26.86	23.40	20.90	19.00	17.49	16.26	15.23	14.36	13.61
10	70.06	45.62	35.50	29.71	25.88	23.12	21.01	19.35	17.99	16.85	15.89	15.05
25	80.06	52.13	40.56	33.95	29.57	26.41	24.01	22.11	20.55	19.26	18.15	17.20
50	88.55	57.67	44.87	37.55	32.71	29.22	26.56	24.45	22.73	21.30	20.08	19.03
100	97.95	63.79	49.63	41.54	36.18	32.32	29.38	27.05	25.15	23.56	22.21	21.05
500	123.80	80.62	62.73	52.50	45.73	40.85	37.13	34.19	31.78	29.78	28.07	26.60

Nota: se presenta datos de duración en min, para diferentes años.



Figura 59 Curvas IDF de la cuenca 4999868 Querquecocha



Nota: Se muestran intensidades en mm/h en función a tiempos de duración en min (Elaboración propia).

6.11.4. TIEMPO DE CONCENTRACION

Siendo este el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca, este se obtuvo por el método de Kirpich y el método U.S. Army Corps, los resultados se muestran en la tabla 37.



Tabla 37 Tiempo de concentración de la cuenca 4999868 Querquecocha.

Micro Cuenca	Curso Principal			Tiempo de concentración (Tc)		
	Nombre	Área (km ²)	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Método Kirpich (hr)	Método U.S. Army Corps (hr)
Querquecocha	36.38	6738.00	0.032	1.0844	1.0252	1.08
				65.1 min	61.5 min	

Nota: se muestra datos de tiempo de concentración por diferentes métodos.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definido el valor del tiempo de concentración para la cuenca 4999868 el cual fue el valor de 65 minutos, se determinaron las intensidades para los distintos periodos de retorno, resultados que se muestran en la tabla 38.

Tabla 38 Intensidades para los periodos de retorno.

Duración(min)	65
2	11.33
5	12.95
10	14.33
25	16.37
50	18.11
100	20.03
500	25.31

Nota: Se muestran datos en minutos.

6.11.5. MAXIMAS AVENIDAS – CAUDALES EXTREMOS

6.11.5.1. Métodos Empíricos

Para el dimensionamiento hidráulico de las estructuras de drenaje superficial, es necesario estimar los caudales máximos en 24 horas, así como su transformación en intensidades máximas horarias (curvas IDF) de la estación Yauri.



Debido a que en la zona de estudio no se cuenta con datos de aforo, se utilizaron los datos de precipitación como datos de entrada de nuestra cuenca, con los cuales se generó un caudal Q. Este proceso inicia cuando en la cuenca ocurre la precipitación, el cual comienza a generar un humedecimiento progresivo, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial.

En la siguiente tabla se tienen algunos métodos empíricos utilizados para estimar caudales máximos de una cuenca.

Tabla 39 Métodos empíricos de estimación de caudales de la cuenca 4999868 Querquecocha.

T (años)	I	Mac Math	Racional	Racional corregido
2	11.330	75.682	45.798	49.19
5	12.950	86.504	52.347	56.23
10	14.330	95.722	57.925	62.22
25	16.370	109.349	66.171	71.08
50	18.110	120.972	73.205	78.63
100	20.030	133.797	80.966	86.97
500	25.310	169.066	102.309	109.89
		C	C	C
		0.52	0.40	0.40

Nota: Se muestran datos de estimación de los métodos empíricos para diferentes años.

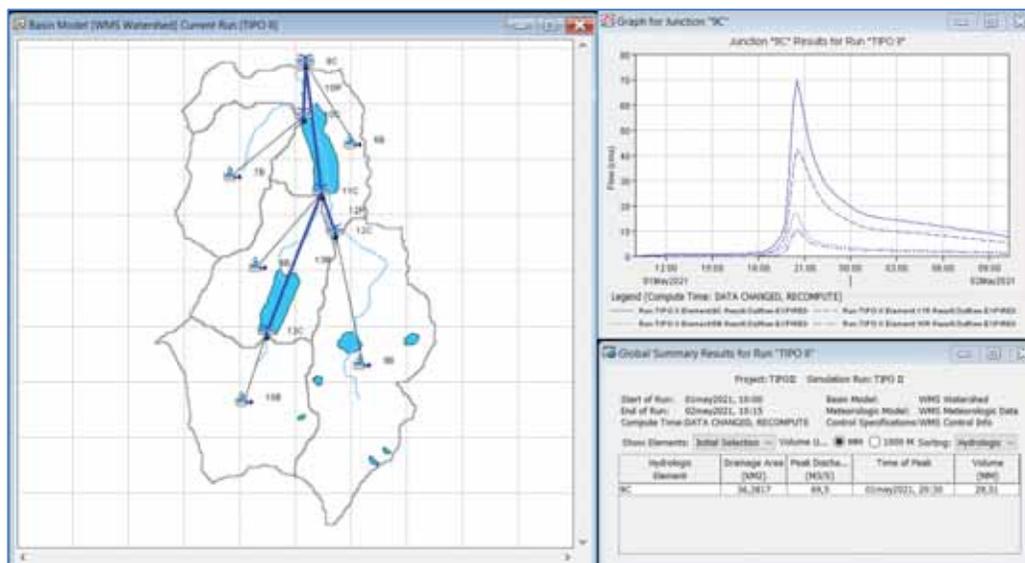
Fuente: Elaboración propia

Los caudales máximos de diseño, se obtuvieron del método racional corregido, ya que este excede los 10 km², así mismo se utilizó el método de Mac Math. Valores obtenidos que se compararon con un modelamiento en HEC – HMS.

6.11.5.2. Modelamiento hidrológico (HEC – HMS)

Se realizo un modelo HEC-HMS, para poder simular la respuesta que tendrá la cuenca 4999868 Querquecocha en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado (figura 58) de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Figura 60 Modelamiento hidrológico en HEC-HMS de la cuenca 4999868 Quequecocha



Nota: Se muestra la ventana de procesamiento de programa HEC-HMS (Elaboración propia obtenido del HEC-HMS))

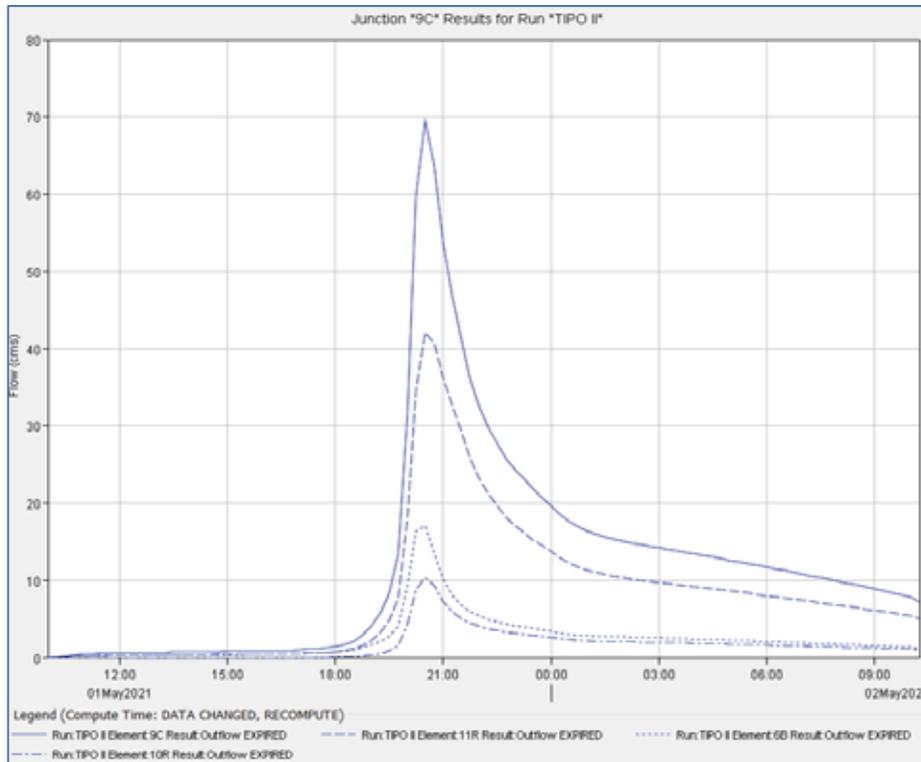
Fue necesario contar con datos ya calculados previamente, como características geomorfológicas de la cuenca, características de la precipitación, CN (número de curva), entre otros parámetros propios del modelamiento hidrológico.

Resultado de este modelamiento se obtuvo el hidrograma de avenidas, para la cuenca 4999868 Querquecocha, donde en la figura 60 se muestra el hidrograma del pico máximo de



descarga para el punto de salida de la cuenca 4999868, obteniéndose un valor de 69.5m³/s para un periodo de retorno de 500 años.

Figura 61 Hidrograma de la cuenca 4999868 Querquecocha



Nota: Elaboración propia.

6.11.6. CAPACIDAD DE EMBALSE DE LA PRESA

Se realizo a partir de la generación de curvas de nivel con intervalos de 1 metro, con lo cual se determinó el volumen entre curva y curva, seguidamente se obtuvo los volúmenes de almacenamiento para cada cota.



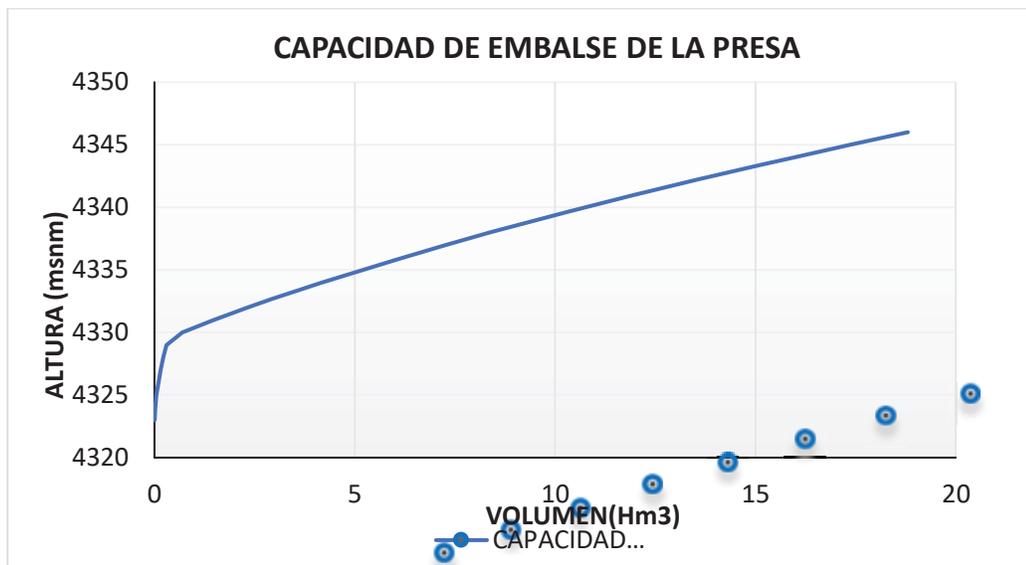
Tabla 40 Capacidad de embalse

COTA m.s.n.m.	AREA ENTRE COTAS (m2)	AREA POR DEBAJO (m2)		AREA MEDIA (m2)	DESNIVEL (m)	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN ACUMULADO (m3)	VOLUMEN (Hm3)	VOLUMEN ACUMULADO (Hm3)
4310									
4311	12145.972	12145.972	11592.328	6072.986	1.00	6,072.99	6,072.99	0.0061	0.0061
4312	11592.328	23738.300	24064.505	17942.136	1.00	17,942.14	24,015.12	0.0179	0.0240
4313	11918.533	35656.833	35985.862	29697.567	1.00	29,697.57	53,712.69	0.0297	0.0537
4314	12247.562	47904.395	48131.431	41780.614	1.00	41,780.61	95,493.30	0.0418	0.0955
4315	12474.598	60378.992	60172.684	54141.694	1.00	54,141.69	149,635.00	0.0541	0.1496
4316	12268.289	72647.282	74186.311	66513.137	1.00	66,513.14	216,148.13	0.0665	0.2161
4317	13807.318	86454.600	698340.209	79550.941	1.00	79,550.94	295,699.08	0.0796	0.2957
4318	625692.927	712147.527	204715.253	399301.064	1.00	399,301.06	695,000.14	0.3993	0.6950
4319	118260.653	830408.180	768378.642	771277.854	1.00	771,277.85	1,466,277.99	0.7713	1.4663
4320	56231.115	886639.295	877573.006	858523.737	1.00	858,523.74	2,324,801.73	0.8585	2.3248
4321	47164.826	933804.121	927291.060	910221.708	1.00	910,221.71	3,235,023.44	0.9102	3.2350
4322	40651.765	974455.886	972268.452	954130.004	1.00	954,130.00	4,189,153.44	0.9541	4.1892
4323	38464.331	1012920.217	1013734.468	993688.052	1.00	993,688.05	5,182,841.49	0.9937	5.1828
4324	39278.581	1052198.798	1051027.547	1032559.508	1.00	1,032,559.51	6,215,401.00	1.0326	6.2154
4325	38107.330	1090306.129	1089048.253	1071252.464	1.00	1,071,252.46	7,286,653.47	1.0713	7.2867
4326	36849.455	1127155.584	1128320.450	1108730.856	1.00	1,108,730.86	8,395,384.32	1.1087	8.3954
4327	38014.321	1165169.905	1181360.099	1146162.744	1.00	1,146,162.74	9,541,547.07	1.1462	9.5415
4328	54204.515	1219374.420	1217640.347	1192272.162	1.00	1,192,272.16	10,733,819.23	1.1923	10.7338
4329	52470.443	1271844.862	1259701.323	1245609.641	1.00	1,245,609.64	11,979,428.87	1.2456	11.9794
4330	40326.904	1312171.766	1309086.493	1292008.314	1.00	1,292,008.31	13,271,437.18	1.2920	13.2714
4331	37241.631	1349413.397	1347711.497	1330792.581	1.00	1,330,792.58	14,602,229.76	1.3308	14.6022
4332	35539.731	1384953.128	1383484.971	1367183.262	1.00	1,367,183.26	15,969,413.03	1.3672	15.9694
4333	34071.574	1419024.702	1418848.800	1401988.915	1.00	1,401,988.92	17,371,401.94	1.4020	17.3714
4334	33895.672	1452920.374	1452920.374	1435972.538	1.00	1,435,972.54	18,807,374.48	1.4360	18.8074

Nota: me muestran datos de capacidad de embalse por cotas en m3 y Hm3.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 62 Capacidad de embalse de la presa.



Nota: Se observa la curva de capacidad de embalse de la presa en Hm3 para diferentes alturas. (Elaboración propia)

6.11.6.1. Niveles de operación de la presa.

Los niveles de operación de la presa están dados de la siguiente manera:

Tabla 41 Niveles de operación de la presa Querquecocha.

Niveles de Operación de la presa Querquecocha.			
Nivel de Terreno	NT	m.s.n.m.	4310.0
Nivel muerto	NAMU	m.s.n.m.	4316.86
Nivel de aguas máximas de operación	NAMO	m.s.n.m.	4328.67
Nivel de aguas máximas extraordinarias.	NAME	m.s.n.m.	4329.58

Nota: se muestran los datos en m.s.n.m.

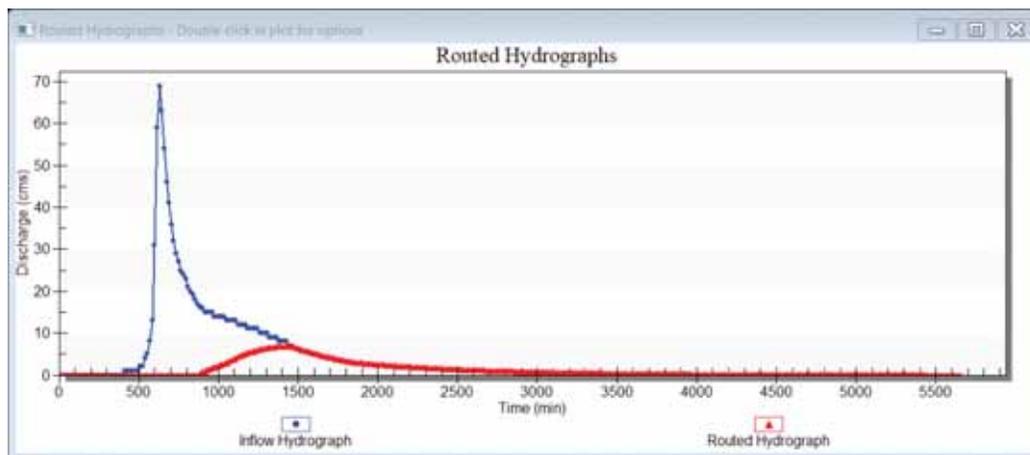
Fuente: Elaboración propia.

Los niveles de operación fueron obtenidos a partir de la capacidad de embalse, condiciones topográficas óptimas para el cierre de la presa, considerando 12.47 Hm3 como volumen útil, y a partir del cual se determinó el nivel muerto, así como el nivel de aguas máximas de operación.

Br. Chara Holguín Jefferson.
Br. Soncco Mamani Yozman Edison.

El nivel de máximas extraordinarias fue determinado a partir del caudal pico ya obtenido, donde se simula el caudal pico de salida que esta tendrá en un evento de máxima avenida, el cual tiene el valor de 6.22 m³/s, con el cual se obtuvo una altura de 0.90 m, el cual adicionado al NAMO, se tiene el NAME.

Figura 63 Caudal pico de entrada y salida de un evento de máxima avenida



Nota: Elaboración propia.

6.11.7. OFERTA HIDRICA

La zona de estudio presenta la precipitación como fuente única de agua para obtener la oferta hídrica de la zona de estudio.

Ya que no se cuenta con registro hidrométricos para el área de estudio se generó caudales y volúmenes mensuales utilizando el modelo de Lutz Schulz, partiendo de la generación de precipitación efectiva y la posterior obtención de la ecuación integral de generación de caudales, obteniéndose así la tabla 42.



Considerando la metodología de Lutz Scholz realiza un cálculo de caudales mensuales a partir de un modelo hidrológico determinístico para realizar el balance hídrico. Este método fue desarrollado para cuencas de la sierra del Perú, durante los años 1979-1980, mediante un trabajo entre la Republica de Alemania y el Plan Meris II. Fue ampliamente adaptada a los departamentos de Cusco, Apurímac y Ayacucho.

Tabla 42 Caudales generados mensualmente para la microcuenc Querquecocha.

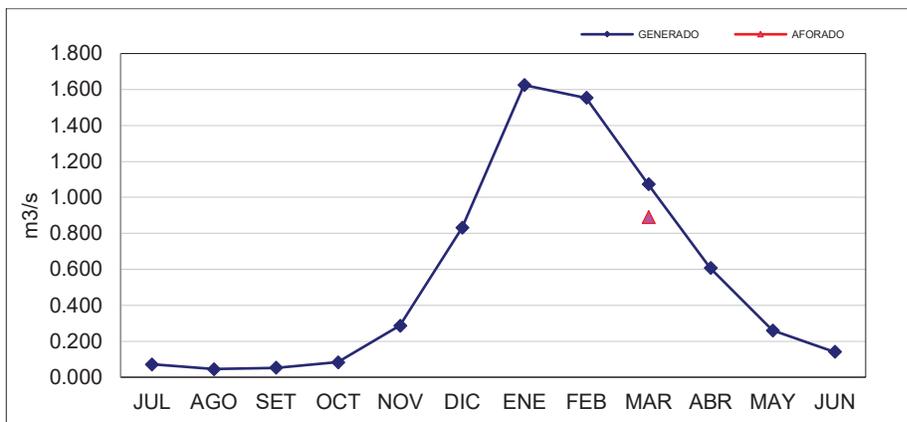
MES	DIAS	PRECIPITACION MENSUAL						CAUDALES MENSUALES GENERADOS		
		TOTAL, P mm/mes	PE I (mm/mes)	PE I mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE IV mm/mes	PE mm/mes	mm/mes	m3/s
JUL	31	4.2	(0.1)	0.0	0.5	1.1	9.0	1.2	5.2	0.071
AGO	31	8.8	(0.1)	0.0	1.0	2.1	8.1	2.3	3.4	0.046
SET	30	22.2	0.0	0.0	2.3	4.7	7.5	5.1	3.8	0.053
OCT	31	48.6	1.0	1.0	5.6	10.3	15.5	11.1	6.2	0.084
NOV	30	73.7	3.4	3.4	12.1	20.7	32.4	22.2	20.5	0.287
DIC	31	128.0	19.3	19.3	44.0	68.3	73.4	72.7	61.2	0.830
ENE	31	190.3	69.7	69.7	103.9	130.6	135.7	135.4	119.7	1.625
FEB	28	175.0	54.3	54.3	88.6	115.3	120.4	120.1	103.3	1.553
MAR	31	142.1	27.3	27.3	56.3	82.4	87.5	87.1	79.1	1.073
ABR	30	55.7	1.5	1.5	7.0	12.6	19.4	13.6	43.2	0.606
MAY	31	10.2	(0.1)	0.0	1.2	2.4	7.8	2.6	19.2	0.261
JUN	30	4.1	(0.1)	0.0	0.5	1.0	9.0	1.1	10.0	0.141
TOTAL		862.8	176.1	176.5	323.0	451.5	525.7	474.5	474.5	0.55

Nota: se muestran datos de caudales generados en mm/mes para diferentes meses.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 64 Comportamiento del caudal generado para la zona de estudio.



Nota: Se muestran datos de caudal de m³/s para todos los meses. (Elaboración propia)

Para la generación de caudales, podemos observar en comportamiento anual de los caudales promedios mensuales, teniendo un valor máximo en el mes de Enero con un valor de 1.625 m³/s, por el contrario un valor mínimo en el mes de Agosto con un valor de 0.046 m³/s.

Además, se tiene un dato de aforo realizado en el mes de Marzo, con un valor de 0.92 m³/s que se ubica por debajo de la curva generados para la zona de estudio.

Tabla 43 Oferta hídrica de la cuenca 4999868 Querquechocha.

HM3	MES
0.19	JUL
0.12	AGO
0.14	SET
0.22	OCT
0.74	NOV
2.22	DIC
4.35	ENE
3.76	FEB
2.88	MAR
1.57	ABR
0.70	MAY
0.36	JUN
17.26	HM3

Nota: se muestran datos de oferta hídrica en Hm³ para cada mes.

Fuente: Elaboración propia.



De la tabla 44 y figura 63 se concluye, la oferta hídrica propia que genera la cuenca 4999868 Querquecocha es de 17.26 Hm³ considerando el 100%, pero se optó por trabajar con el 75% de persistencia con un valor de 13.64 Hm³, datos que se muestran en las siguientes tablas.

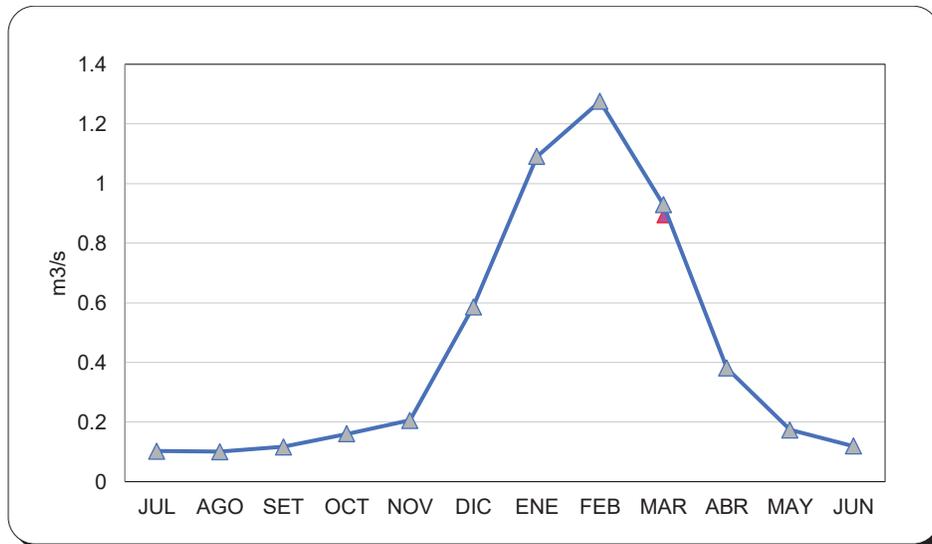
Tabla 44 Caudal y volúmenes generados al 75% de persistencia.

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
Q AL 75%		1.09	1.28	0.93	0.38	0.17	0.12	0.10	0.10	0.12	0.16	0.21	0.59	5.92
VOLUMEN(HM ³)		2.92	3.09	2.49	0.99	0.46	0.31	0.27	0.27	0.30	0.43	0.53	1.57	13.64

Nota: Se presentan datos de caudales en Hm³ generados al 75% para diferentes meses.

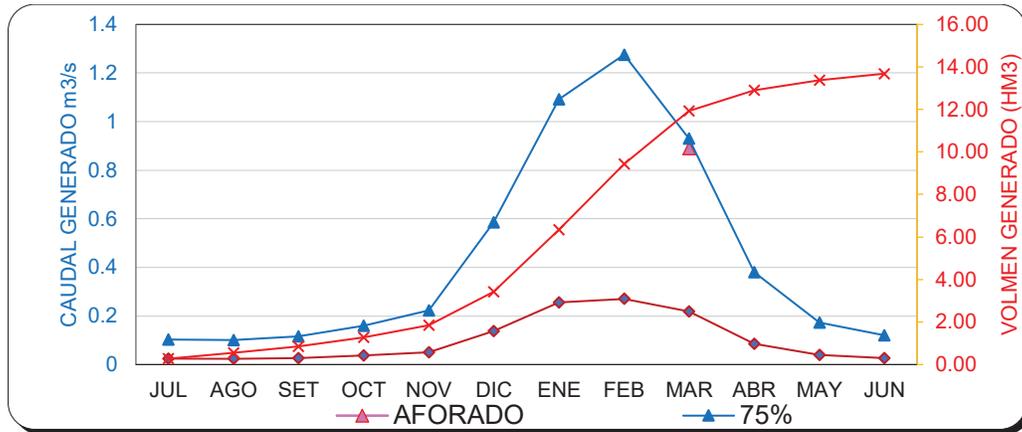
Fuente: Elaboración propia.

Figura 65 Comportamiento del caudal generado para la cuenca 4999868 Querquecocha al 75% de persistencia.



Nota: Se muestran datos de caudales generados en m³/s para todos los meses. (Elaboración propia)

Figura 66 Oferta hídrica de la cuenca 4999868 Querquecocha



Nota: Se muestran datos de caudales generados en m³/s y volumen generado para todos los meses. (Elaboración propia)

Se concluye que la oferta hídrica propia de la cuenca 4999868 Querquecocha es de 13.64 HM³.

6.11.8. CAUDAL ECOLOGICO

Considerando el río en la zona de estudio como escorrentía y un elemento fundamental de la actividad biológica presente en la zona de estudio. Por ello es necesario determinar el caudal del río denominado como caudal ecológico.

La estimación del caudal ecológico se realizó de acuerdo a los criterios especiales para determinar caudales ecológicos del ANA (Autoridad Nacional del Agua), equivalente al 95 % de persistencia, la obtención de este caudal es con el objetivo de la conservación y preservación del ecosistema, según el artículo 153 del reglamento de Ley 29338, Ley de recursos hídricos de Perú.



Tabla 45 Caudal ecológico de la cuenca 4999868 Querquecocha.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q MEDIO	1.42	1.57	1.15	0.48	0.20	0.13	0.11	0.12	0.13	0.21	0.34	0.73
Q ECOLOGICO	0.79	0.72	0.54	0.23	0.06	0.03	0.03	0.04	0.04	0.12	0.28	0.35

Nota: Se muestran datos de caudal ecológico para diferentes meses.

Fuente: Elaboración propia.

6.11.9. DEMANDA HIDRICA

Para el presente estudio se tiene planteado irrigar 2 500 hectáreas. Del cual se realizó el análisis de demanda de agua, el cual obedece al coeficiente de cultivo (K_c), evapotranspiración potencial y precipitación efectiva.

La estimación de la evapotranspiración de cultivo, fue realizado por el método de Hargreaves modificado. Mientras que el coeficiente de cultivo de la cedula propuesta, (tabla se ha tenido en cuenta las fases de desarrollo de las plantas, en este caso para cada uno de los cultivos referenciales propuestos, para tener un coeficiente de cultivo en forma mensual se ha ponderado, los coeficientes de cada cultivo y su respectiva área de producción. Consecuentemente una vez obtenido la evapotranspiración y el coeficiente de cultivo se obtuvo del producto de estos el valor de la evapotranspiración real cultivo. Así mismo se consideró una eficiencia de riego de 65% por prever un sistema de riego tecnificado y a la vez se consideró 12 horas de riego de parcelas, obteniéndose la demanda de agua que implicaría 2 500 hectáreas, resultado que se muestran en la tabla 46.



Tabla 46 Cedula de cultivo

REFERENCIAS CULTIVOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MAIZ	0.73	0.30					0.22	0.59	0.90	1.02	0.99	0.92
PAPA							0.27	0.72	0.95	0.97	0.80	0.33
ALFALFA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HORTALIZAS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
TOTAL												

Nota: Se muestran cultivos en la zona de estudio con valores para diferentes meses.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47 Evapotranspiración, método de Hargreaves modificado

VARIABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
T.M.M. (°C)	4.94	4.75	4.44	3.17	0.93	-0.67	-0.64	0.10	1.76	2.92	3.84	4.71
T.M.M. (°F)	40.89	40.55	40.00	37.71	33.68	30.79	30.84	32.18	35.17	37.26	38.91	40.47
HORAS SOL MES	159.67	139.76	159.53	176.14	194.11	182.69	196.63	218.34	206.05	197.14	202.12	154.34
HORAS SOL DIA	5.15	4.99	5.15	5.87	6.26	6.09	6.34	7.04	6.87	6.36	6.74	4.98
N° DIAS MES	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
HORAS SOL MAX. DIA(DL)	11.32	11.61	12.00	12.49	12.79	12.98	12.88	12.59	12.20	11.80	11.41	11.22
% HORAS SOL MES	45.50	42.98	42.88	47.02	48.97	46.92	49.25	55.96	56.30	53.89	59.03	44.37
RAD. EXT. DIA (mm)	16.67	16.37	15.33	13.79	12.22	11.32	11.72	12.99	14.56	15.80	16.47	16.57
RAD. EXT. MES (mm)	516.73	458.33	475.27	413.80	378.96	339.74	363.46	402.80	436.87	489.80	494.07	513.63
RAD. INC. MES (mm)	261.41	225.35	233.43	212.82	198.90	174.53	191.30	225.99	245.84	269.67	284.69	256.60
Fa	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
ETo (mm)	96.28	82.30	84.10	72.29	60.34	48.41	53.15	65.51	77.87	90.52	99.79	93.55

Nota: Se muestran datos de evapotranspiración para diferentes meses.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 47, se concluye que, para el área de estudio, el valor más bajo de evapotranspiración ocurre en el mes de junio y el valor más alto en el mes de noviembre con 48.41 mm/mes y 99.79 mm/mes respectivamente.



Tabla 48 Distribución de las áreas de los cultivos de referencia.

REFERENCIAS CULTIVOS	AREA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
	ha	%												
MAIZ	250	10.00	0.73	0.30					0.22	0.59	0.90	1.02	0.99	0.92
PAPA	750.00	30.00							0.27	0.72	0.95	0.97	0.80	0.33
ALFALFA	1000.00	40.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HORTALIZAS	500.00	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
TOTAL	2500.00													

Nota: Se muestran áreas de cultivo por meses para diferentes cultivos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49 Estimación de la demanda del recurso hídrico.

AREA A REGARSE POR MES (ha)	2300	2300	2125	2125	2125	2125	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Kc PONDERADO	0.97	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88	0.94	0.98	0.99	0.98	0.94	0.94
ETo (mm) HARGREAVES	96.28	82.30	84.10	72.29	60.34	48.41	53.15	65.51	77.87	90.52	99.79	93.55	93.55
ETr (mm)	94.30	77.92	84.10	72.29	60.34	48.41	47.14	62.16	76.97	90.44	98.11	87.99	87.99
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL (mm)	190.26	175.01	190.26	175.01	142.06	55.67	10.23	4.09	4.17	8.81	22.21	48.64	48.64
PRECIPITACION CONFIABLE AL 75% (mm)	167.86	157.81	33.20	25.50	35.95	19.39	4.96	1.49	2.46	8.18	8.37	20.38	20.38
REQUERIMIENTO DE RIEGO NETO (mm)	0.00	0.00	167.86	157.81	117.81	42.59	6.88	3.09	2.51	3.29	16.56	34.89	34.89
REQUERIMIENTO DE RIEGO NETO (m³/ha)	0.00	0.00	0.00	29.71	53.46	45.32	44.63	58.87	60.41	55.55	46.03	0.00	0.00
NUMERO DIAS DEL MES	31.00	28.00	0.00	0.00	0.00	297.06	534.59	453.25	446.27	588.74	604.06	555.50	555.50
JORNADA DE RIEGO (horas)	12.00	12.00	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	31.00
EFICIENCIA DE RIEGO POR ASPERSION (%)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
REQUERIMIENTO DE RIEGO BRUTO (m³/ha)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
VOLUMEN DE DEMANDA REQUERIDA (m³)	0.00	0.00	0.00	396.08	712.79	604.33	595.02	784.99	805.42	740.67	613.74	0.00	0.00

Nota: Se muestra el volumen de demanda requerida en m³.

Fuente: Elaboración propia

6.11.10. BALANCE HIDRICO

En el balance hídrico de este proyecto se consideraron los valores de los caudales generados y ofertados por la cuenca 4999868 Querquecocha, así como la demanda del recurso hídrico, los cuales de acuerdo a la tabla 50 y figura 66, se observa que existe un superávit del recurso hídrico en los meses de enero, febrero, marzo, abril y diciembre, mientras que en los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre se presenta un déficit del recurso hídrico.



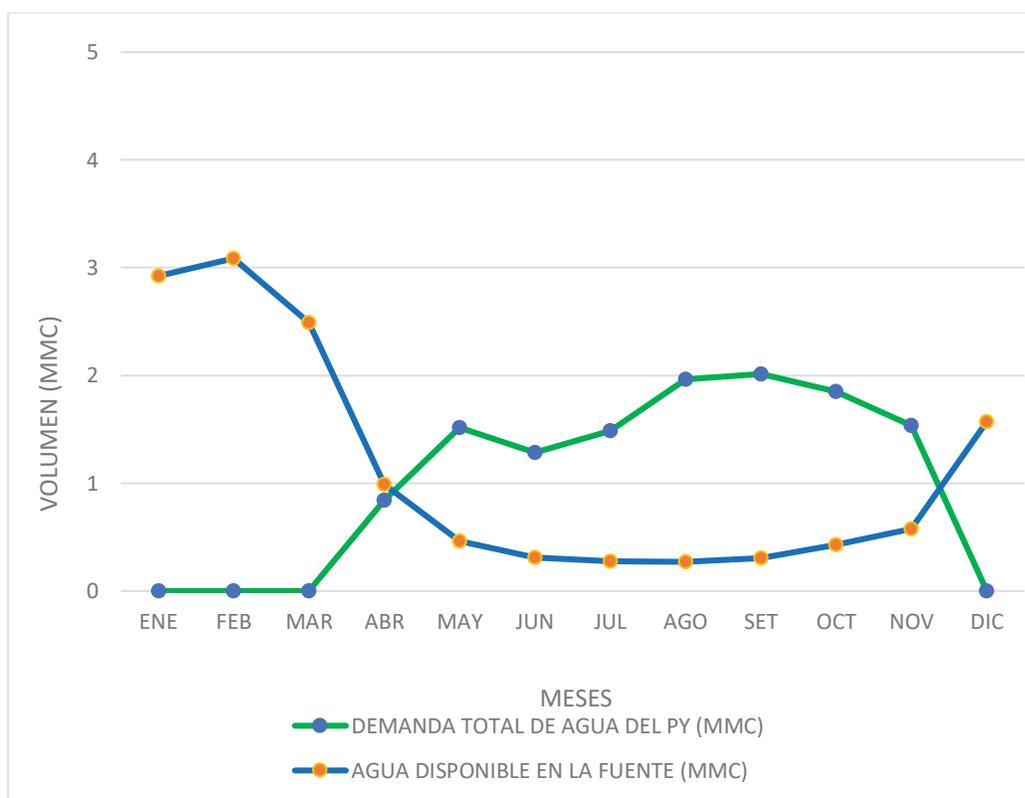
Tabla 20 Balance hídrico

REFERENCIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
DEMANDA TOTAL DE AGUA DEL PY (MMC)	0.00	0.00	0.00	0.84	1.51	1.28	1.49	1.96	2.01	1.85	1.53	0.00
AGUA DISPONIBLE EN LA FUENTE (MMC)	2.92	3.09	2.49	0.99	0.46	0.31	0.27	0.27	0.30	0.43	0.58	1.57
SUPERAVIT DEL RECURSO HIDRICO (MMC)	2.92	3.09	2.49	0.15	-1.05	-0.97	-1.21	-1.69	-1.71	-1.42	-0.96	1.57
DEFICIT DEL RECURSO HIDRICO (MMC)					1.05	0.97	1.21	1.69	1.71	1.42	0.96	

Nota: Se muestra resultados del balance hídrico en MMC para cada mes.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 67 Balance hídrico para la cuenca 4999868 Querquecocha



Nota: Se muestra la demanda total de agua en MMC y el agua disponible en la fuente en MMC. (Elaboración propia)



Temperatura media anual regionalizada para el área de estudio es de 2.5°C, temperatura máxima media anual es de 15.1°C, y se tiene como temperatura media mínima anual de -10.3 °C, para la humedad relativa media anual regionalizada es de 47.5 %, se tiene que el valor de la evaporación media anual regionalizada para el área de estudio es de 134.3 mm/mes.

Para la estimación de caudales extremos, se consideró registros pluviométricos de la estación Yauri, considerando que la distribución de tipo Gamma de tres parámetros es la que presenta mejor ajuste de las precipitaciones máximas de la estación Yauri, obteniéndose diferentes valores de precipitación de diseño para varios periodos de retorno como se muestra en la tabla 17.

La oferta hídrica propia que genera la cuenca 4999868 Querquecocha es de 17.26 Hm³ considerando el 100%, pero se optó por trabajar con el 75% de persistencia con un valor de 13.64 Hm³, se puede observar en la tabla 44.

Tabla 21 Resumen de parámetros hidrometeorológicos

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO	MES	VALOR MÍNIMO	MES	ANUAL
Precipitación media mensual	190.3 mm/mes	Enero	4.1 mm/mes	Junio	862.882 mm/año
Temperatura media mensual	4.9 °C	Enero	-0.7 °C	Junio	2.5 °C
Temperatura máxima media mensual	17.8 °C	Noviembre	13.4 °C	Junio	15.1 °C
Temperatura mínima media mensual	-0.5 °C	Febrero	-15.3 °C	Junio	-10.3 °C
Humedad relativa media mensual	65 %	Enero	34.9 %	Agosto	47.5 %
Evaporación media mensual	182 mm/mes	Octubre	106 mm/mes	Febrero	134.3 mm/año

Nota: se muestran los valores mínimos y máximos en los meses correspondiente (elaboración propia).



7. CAPITULO VII – GEOTECNIA

7.1. GENERALIDADES

En esta sección se realizaron exploraciones geotécnicas indirectas mediante refracción sísmica y MAS W (ASTM D64431-99), con los cuales se pudo tener referencia de los estratos situados en el subsuelo del área del proyecto, posteriormente se recurrió a exploraciones geotécnicas directas mediante excavaciones de calicatas o pozos (ASTMD 420) y perforaciones diamantinas (ASTM-D2113-93) para determinar el comportamiento geotécnico como: ángulo de fricción, cohesión, peso específico, humedad, etc. Con ello calcular la capacidad admisible y la profundidad adecuada de fundación de la presa, así mismo, se hizo la caracterización Geomecánica de macizos rocosos en el área del vaso de la presa para después obtener parámetros que sirvan para la fundación de la presa.

7.2. PROSPECCION GEOTECNICA INDIRECTA

7.2.1. INSTRUMENTACION PARA EL ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES (MASW)

Para el levantamiento en campo del ensayo de MASW 1D, se utilizó el siguiente equipo e instrumentos:

Sismógrafo de 24.00 canales (Geode de Marca Geometrics).

01 cable de conexión para geófonos de 24.00 canales.

24 geófonos de 4.500 Hz.

Laptop con software de adquisición de datos, Seismodule Controller.

Placa de baquelita 25x25 cm.

Comba de 25 libras.

Sensor de comba.



Tabla 22 Parámetros de Adquisición de valores para el Ensayo MAS – W.

Parámetro	Descripción
Medición	Ondas Superficiales
Arreglo de Geófonos	24 unidades de 4.5 Hz
Espaciamiento entre Geófonos	2 m
Fuente generadora de Ondas Sísmicas	Comba de 25 lb
Formato de los Datos Adquiridos	.dat

**Nota: Se muestran unidades de los parámetros de adquisición.
Fuente: Elaboración propia.**

7.2.2. INSTRUMENTACION PARA EL ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES (MASW)

Para el levantamiento en campo del ensayo de refracción sísmica se utilizó el siguiente equipo e instrumentos:

01 Sismógrafo de 24 canales (Geometrics, modelo Geode Dz).

01 cable de conexión para geófonos de 24 canales.

24 geófonos de 4.5 Hz.

Laptop con software de adquisición de datos, Seismodule Controller.

Placa de baquelita 25x25 cm.

Comba de 24 libras.

Sensor de comba.

2 baterías de 12 Voltios.



Tabla 23 Parámetros para la obtención de datos del ensayo REFRACCION SISMICA.

PARAMETRO	DESCRIPCION
Medición	Tiempo de arribo de Ondas P
Arreglo de geófonos	24 unidades de 4.5 o 14 Hz
Espaciamiento entre Geófonos	2.00 m
Fuente de Generación de Ondas Sísmicas	Comba
Formato de los Datos Adquiridos	.dat

Nota: Se muestras unidades de los parámetros de adquisición.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.3. PROSPECCION MEDIANTE MASW

Este método se realizó con el fin de obtener el perfil estratigráfico del eje de la presa, realizando un tendido a lo largo del eje de la presa con un total de 100 metros lineales.

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE PROSPECCION MASW

Para dicho trabajo, las líneas de MASW fueron distribuidas según la tabla 02, distanciados a 50 metros, con 2 repeticiones por línea a una profundidad de investigación de 30 metros.

Tabla 24 Distancias y ubicación geográfica del tendido de las líneas de MASW.

Ensayo	Punto Medio		Longitud (m)
	Este (m)	Norte (m)	
MW 01	193884	8382472	50
MW 02	193643	8382391	50

Nota: Se muestra la longitud y las coordenadas de los ensayos MASW

Fuente: Elaboración propia.

Se detalla, la exploración en campo, de ambas líneas de MASW:



Figura 68 Exploración en campo del MASW.



Nota: Se realizo un mapa donde se ubican los ensayos MASW de color celeste. (Elaboración propia).

PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de los valores obtenidos en campo del ensayo de MASW 1D se realizó con el software Seisimager, con el cual se determina la velocidad de fase (S) para los registros de trazas.

7.2.4. PROSPECCION MEDIANTE REFRACCION SISMICA

Este método se realizó con el objetivo de obtener el perfil estratigráfico del eje de la presa, realizando un tendido a lo largo del eje de la presa con un total de 100 metros lineales.

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE PROSPECCION REFRACCION SISMICA

Para dicho trabajo, las líneas de LS fueron distribuidas según la tabla 52, distanciados a 50 metros, con 2 repeticiones por línea a una profundidad de investigación de 30 metros.

Tabla 25 Distancias y ubicación geográfica del tendido de las líneas de LS.

Ensayo	Inicio		Fin		Longitud (m)
	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	
LS 01	193906	8382460	19382	8382484	50
LS 02	193620	8382381	193666	8382401	50

Nota: Se muestra la longitud y las coordenadas de los ensayos de refracción sísmica.

Fuente: Elaboración propia.

La exploración en campo, de ambas líneas de refracción sísmica:

Figura 69 Exploración en campo del LS.



Nota: Se realizaron líneas de refracción sísmica las cuales se muestran de color verde. (elaboración propia)

PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos de refracción sísmica se procesaron con el software PICKWIN.

DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE PROSPECCION MEDIANTE REFRACCION SISMICA

Considerando la información geológica y geotécnica obtenida en el levantamiento geológico local, se puede describir los perfiles generados, como se muestra en la figura 54.



Tabla 26 Descripción e interpretación de los perfiles estratigráficos de refracción sísmica

Línea	Descripción de los materiales	Velocidad de compresión VP	Espesor (m)
LS 01	Terreno Blando	300 m/s < Vp < 1400 m/s	1.8 a 3.0
	Terreno Compacto o Rígido	1400 m/s < Vp < 2400 m/s	6.0 a 12.0
	Terreno muy rígido / compactado o roca blanda	3000 m/s < Vp < 3200 m/s	6.00 <
LS 02	Terreno blando	300 m/s < Vp < 1400 m/s	2.0 a 3.0
	Terreno compacto o rígido	1400 m/s < Vp < 2400 m/s	13.0 a 14.0
	Terreno muy rígido/compacto	3000 m/s < Vp < 3200 m/s	5.0 <

Nota: Se muestra la interpretación de resultado según la velocidad Vp y los espesores correspondientes.
Fuente: Elaboración propia.

En correspondencia a las exploraciones directas de campo el material predominante del cual está compuesto el sector estudiado es material blando (Arenas con arcillas y gravas), por lo general varía entre 1.8 a 3 metros de espesor y con velocidades de compresión entre 300 a 700 m/s, por debajo se infiere material compacto o rígido (Arcillas, arenas, gravas con presencia de bolones y bloques) con un espesor entre 6 a 14 metros y con velocidades de compresión entre 1400 a 2400 m/s, por debajo se infiere material muy rígido/compacto o roca blanda con espesores indefinidos y velocidades de compresión entre 3000 a 3200 m/s .

Para la clasificación con respecto a las propiedades del material que conforma el sector estudiado podemos definir el siguiente rango de velocidades de ondas de corte, en los perfiles MASW 1D:

Considerando la información geológica y geotécnica obtenida en el levantamiento geológico en campo se puede describir los perfiles obtenidos. (Ver tabla 02).



Tabla 27 Descripción e interpretación de los perfiles de MASW 1D.

ENSAYO	COORDENADAS		VS30 (m/s)	NORMA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE E030 2018	
	ESTE (m)	NORTE (m)		T (S)	DENOMINACION
MASW 01	193884	8382472	509	0.24	S1 ROCA O SUELO MUY RIGIDO
MASW 02	193643	8382391	400	0.30	S2 SUELO INTERMEDIO

Nota: Se muestra los tipos de terrenos según la velocidad Vs.

Fuente: Elaboración propia según E030, norma sismorresistente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el sector estudiado alrededor del río, este suelo corresponde a un perfil de tipo S1, roca o suelo muy rígido con valores Vs30 de 509 m/s, y un periodo fundamental de vibración calculado hasta los 30m de 0.24s, mientras que el sector sobre el río corresponde a un terreno tipo S2, Suelo intermedio próximo a roca o suelo muy rígido con valores de Vs30 de 400 m/s y un periodo fundamental de vibración calculado hasta los 30m de 0.30 s. Según la tipificación de la norma peruana E 030 actualizada al 2018.

Tabla 28 Parámetros elásticos inferidos de los ensayos LS-01 & MASW-01

PROFUNDIDAD (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m ³)	Relación de Poisson μ	Módulo de corte Ge (kg/cm ²)	Módulo de Young Ee (kg/cm ²)	Módulo de Volumétrico Ke (kg/cm ²)
2	1399	192	1.9	0.49	46.9	139.9	2421.7
4	2386	331	2.0	0.49	152.3	453.9	7698.9
6	2387	395	2.0	0.49	324.1	963.1	11431.8
8	2389	476	2.0	0.48	472.4	1397.6	11255.8
10	2389	529	2.0	0.47	583.4	1720	11107.8
12	2390	568	2.0	0.47	670.8	1972.2	11002.1
14	3113	682	2.4	0.47	1151.7	3397	22443.2
16	3175	726	2.4	0.47	1308.7	3853.8	23283
18	3175	726	2.4	0.47	1308.7	3853.8	23283
20	3175	781	2.4	0.47	1514.5	4445.8	23008.6

Nota: Se muestra los parámetros elásticos, densidad según las velocidades Vp y Vs.

Fuente: elaboración propia.

7.2.5. PERFILES Y SECCIONES SISMICAS

PERFIL MW - 01

En el Perfil geofísico de MASW -01, se observa una exploración de 30 m Aprox. Donde el primer estrato predominante es un suelo intermedio y como segundo estrato se tiene Roca o suelo muy rígido.

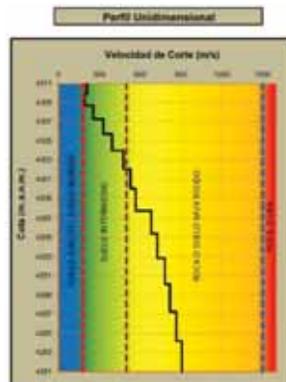
PERFIL UNIDIMENSIONAL DE VELOCIDADES DE ONDA DE CORTE MASW 1

Figura 70 Perfil del suelo en función de velocidad de onda Vs.



Nota: Se muestran los datos de velocidad de onda en función a la velocidad de onda Vs, y se realizó una clasificación de tipo de suelo según norma E.030 2018.

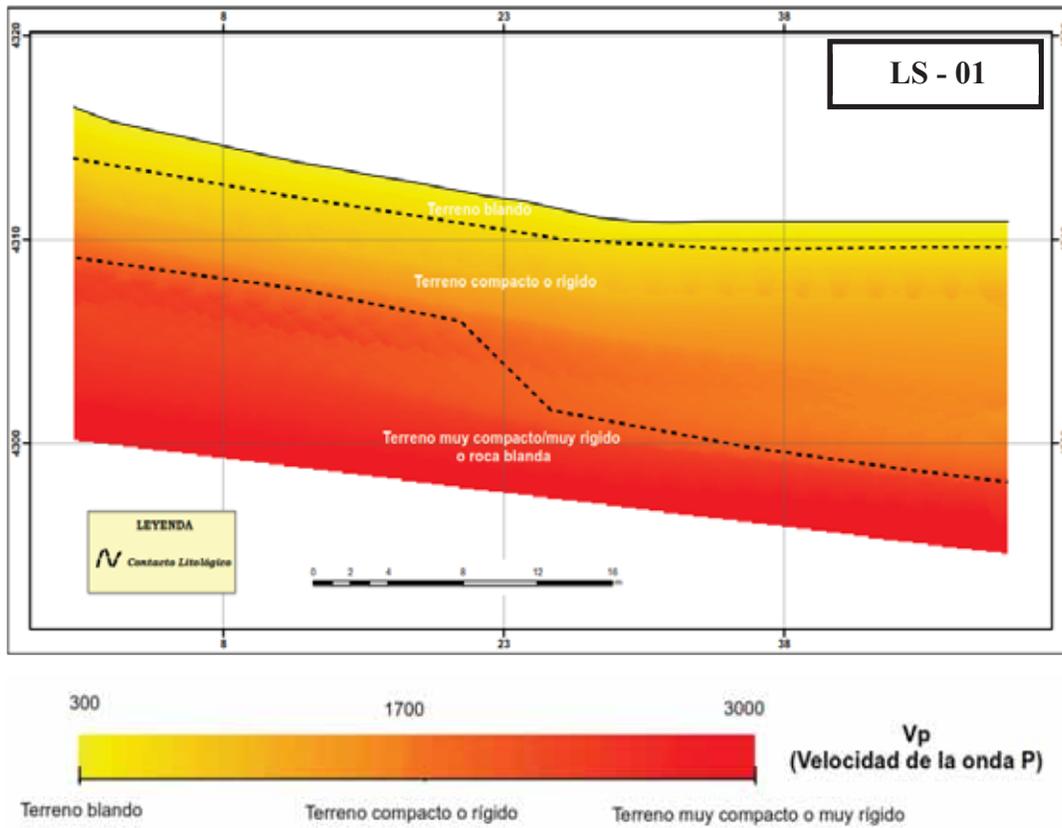
Figura 71 Perfil unidimensional de suelo



Nota: Se muestran los datos del perfil según la velocidad de ondas de corte m/s, en función a las profundidades. (Elaboración propia)

PERFIL DE REFRACCION SISMICA LS-01

Figura 72 Perfil de refracción sísmica LS -01



Nota: Se muestra un perfil de refracción sísmica en función de ondas V_p , se puede observar que el terreno va de blando a terreno muy compacto, con un espaciamiento de 50 metros a una profundidad de evaluación de 15 metros Aprox. (Elaboración propia)



PERFIL UNIDIMENSIONAL DE VELOCIDADES DE ONDA DE CORTE MASW 2

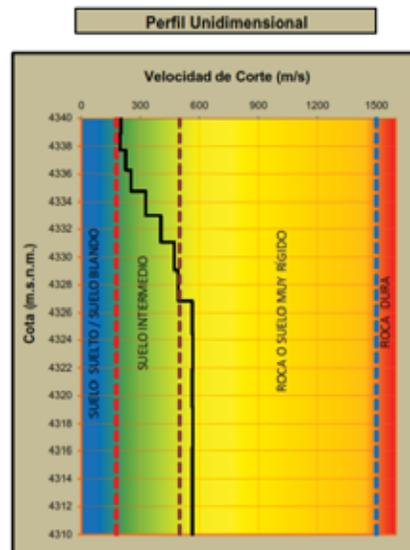
Figura 73 Perfil del suelo en función de velocidad de onda Vs.

Profundidad (m)	Vs(m/s)	Rigidez	
4338.93	202.25	Suelo intermedio	
4337.69	199.50		
4336.29	226.50		
4334.73	254.00		
4333.00	329.25		
4331.10	404.75		
4329.04	473.75		
4326.81	491.75		
4324.42	564.25		Roca o suelo muy rígido
4321.87	569.25		
4319.15	564.75		
4316.26	566.75		
4313.21	565.75		
4310.00	566.00	Roca dura	

Símbolo	Tipo de suelo - E.030 2018
Blue	Suelo Suelto / Suelo blando
Green	Suelo intermedio
Yellow	Roca o suelo muy rígido
Red	Roca dura

Nota: Se muestran los datos de velocidad de onda en función a a la velocidad de onda Vs, y se realizó una clasificación de tipo de suelo según norma E.030 2018.

Figura 74 Perfil unidimensional de suelo

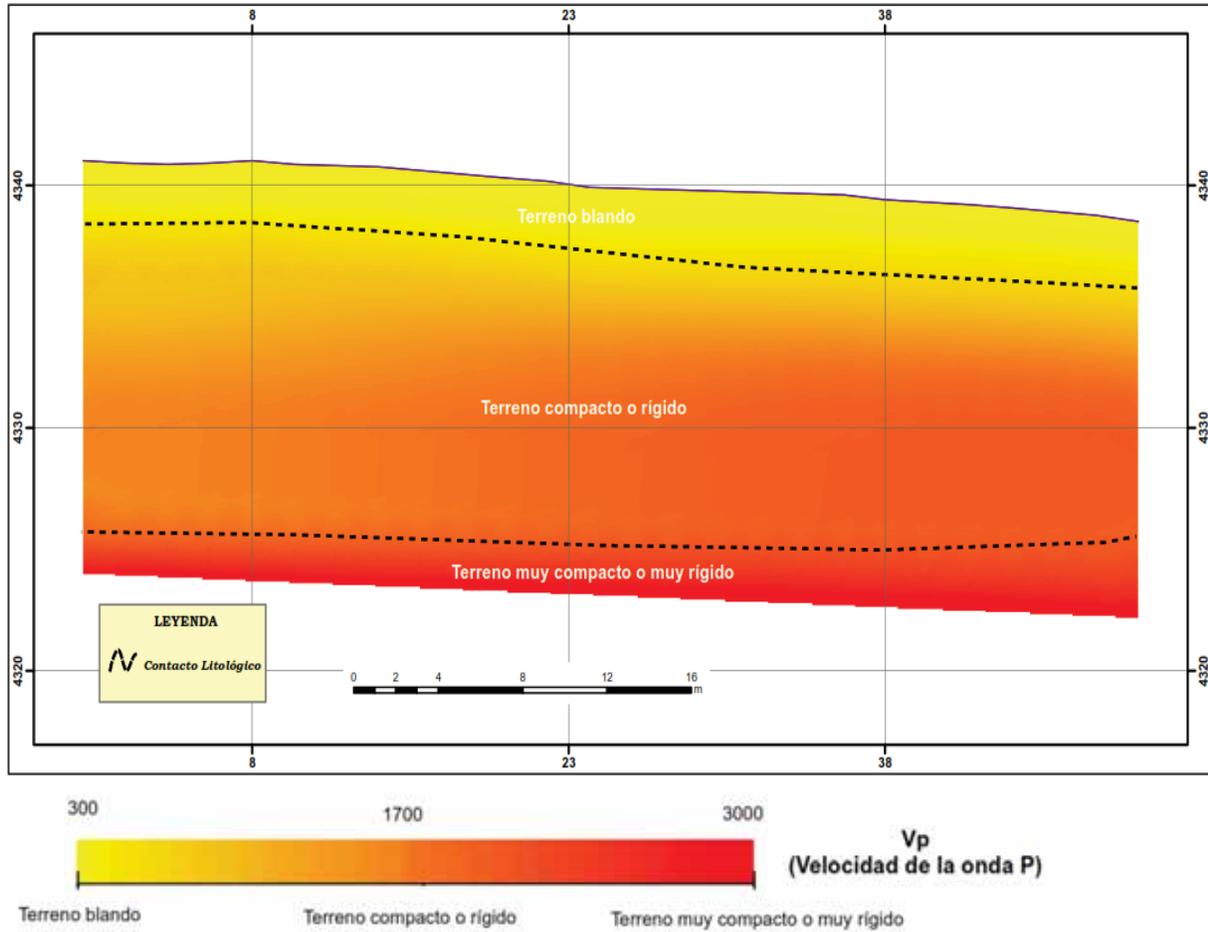


Nota: Se muestran los datos del perfil según la velocidad de ondas de corte m/s, en función a las profundidades. (Elaboración propia)



PERFIL DE REFRACCION SISMICA LS-02

Figura 75 Perfil de refracción sísmica LS -02



Nota: Se muestra un perfil de refracción sísmica en función de ondas V_p , se puede observar que el terreno va de blando a terreno muy compacto, con un espaciamiento de 50 metros a una profundidad de evaluación de 15 metros Aprox. (Elaboración propia)

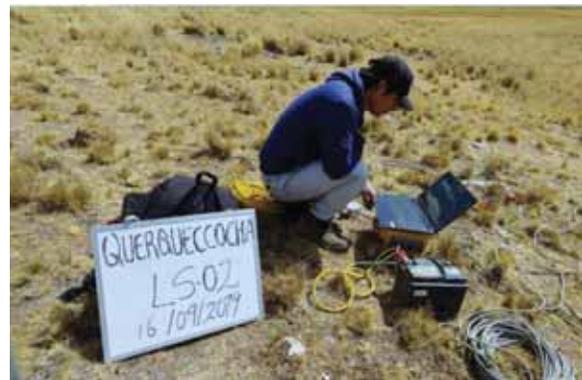
Para mayor detalle ver la sección de planimetría en anexos – Plano geofísico de la presa.

Fotografía 17 y Fotografía 18 Ejecución de los ensayos geofísicos



Nota: Ejecución del ensayo de MASW en el eje de presa.

Fotografía 19, Fotografía 20 Ejecución del ensayo de refracción sísmica



Nota: Ejecución del ensayo de Refracción sísmica (LS) en el eje de presa

7.2.6. PROSPECCION MEDIANTE SONDEO ELECTRICO VERTICAL (SEV)

Este método se realizó con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del vaso, realizando tres puntos geo-eléctricos, para posteriormente realizar un perfil estratigráfico interpolando estos puntos.

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE PROSPECCION SEV

Para dicho trabajo, los puntos SEV fueron distribuidas según la tabla 27, el espaciado de los cables fue de 100 metros.

Tabla 29 Distancias y ubicación geográfica de los puntos de SEV.

Ensayo	Punto de ensayo		COTA m.s.n.m.
	Este (m)	Norte (m)	
SEV 01	194355.81	8381798.56	4312
SEV 02	194044.42	8381757.05	4310
SEV 03	193998.13	8381461.34	4313

Nota: Se muestra la longitud y las coordenadas del ensayo SEV

Fuente: Elaboración propia.

Figura 76 Exploración en campo del SEV.



Nota: Se muestra la localización de los puntos de exploración.



INSTRUMENTACION USADA

Se ha utilizado:

- Un resistivímetro de tierra PASI MODELO GL-N, de tecnología ITALIANA, y que comprende un miliamperímetro de precisión con un dispositivo de inversión periódica y automática de la corriente: un mili multímetro con un amplificador de impedancia de entrada elevada, complementado con un filtro de paso, que permite realizar medidas precisas de 0.1 a 1V, aún en condiciones de ruido elevado. Las medidas de intensidad de corriente (I) y las medidas de caída de Potencial (ΔV) se leen directamente del instrumento.

- Fuente de poder de corriente continua batería de 12 voltios.

- Herramientas (Cuatro carretes de cables, cinco electrodos de acero inoxidable, tres combas, brújula, GPS, Winchas, multitester, cintas aislantes, alicates, marcadores, pinzas cortantes y otros accesorios).

PROCESAMIENTO E INTEPRETACION

El procesamiento de datos se hizo con el software IPI2WIN, versión 2.0. mientras que la interpretación se hizo bajo dos enfoques, que a continuación se detalla:

- Interpretación cualitativa, en las medidas de A-B se iniciaron con aperturas de 1 m como mínimo y de 25.00 m a cada lado como máximo del punto central; con lo que se consiguió la información de acuerdo a las necesidades del presente trabajo.

- La interpretación cualitativa, es el resultado del desarrollo de las operaciones realizadas en campo, del cual se obtiene las curvas de la tendencia de los tipos de curvas dando lugar las resistividades aparentes.

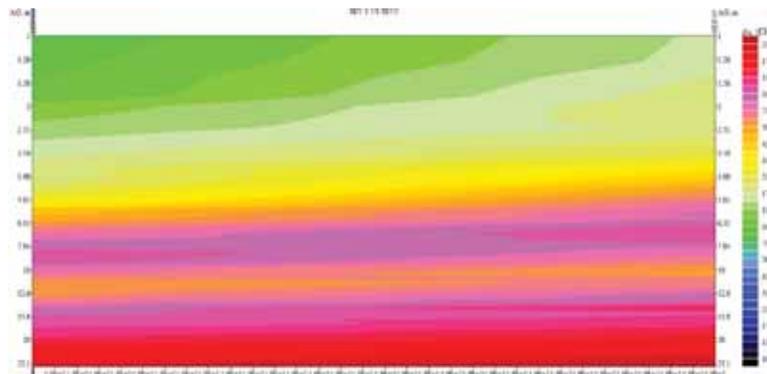
Los resultados aparentes fueron procesados con el software IPI2WIN, con la finalidad de obtener los resultados verdaderos, así mismo, definir unidades litológicas y la presencia de nivel freático.

Teniendo como base estas variaciones de las resistividades y los resultados de las resistividades verdaderas obtenidos de los trabajos, a continuación, se desarrolla.

PERFIL GEOELECTRICO

SEV01 Y SEV2

Figura 77 Sección de georesistividades del SEV1 y SEV2.



Nota: Sección de geo resistividades del SEV1 y SEV2.

SEV02 Y SEV3

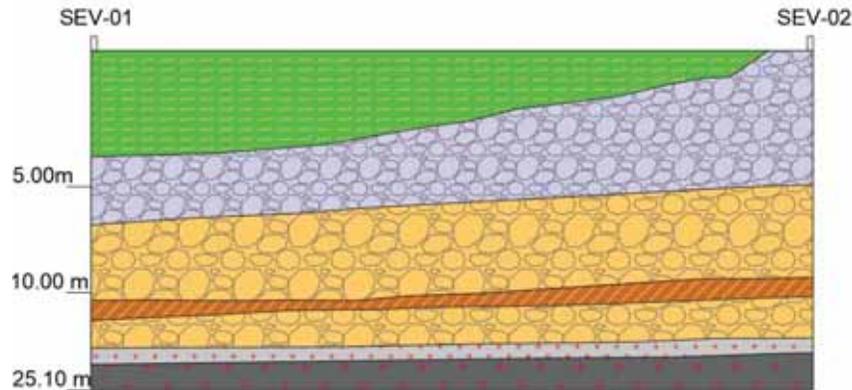
Figura 78 Sección de georesistividades del SEV2 y SEV3.



Nota: Sección de georesistividades del SEV2 y SEV3.

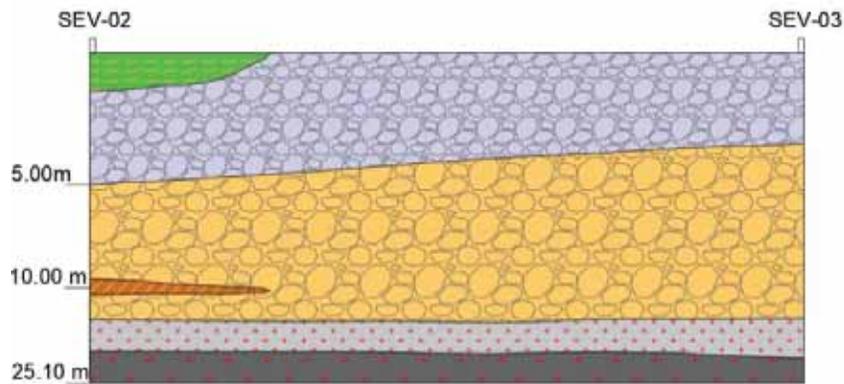
INTERPRETACION.

Figura 79 Interpretación del SEV1 y SEV2.



Nota: Interpretación del SEV1 y SEV2.

Figura 80 Interpretación del SEV2 y SEV3.



Nota: Interpretación del SEV2 y SEV3.

Figura 81 Leyenda de la interpretación de los SEV.

LEYENDA:		
	Material altamente organico en una matriz arcillosa (SUCS= Pt)	Depositos Recientes (Fluvioglaciares)
	Material friccionate gravas arenosas, con agua (SUCS= GW-GM)	
	Material friccionate gravas arenosas, sin agua (SUCS= GW-GM)	Formacion Huaycha (Depositos tobaceos)
	Material cohesivo arcilloso arenoso de baja plasticidad (SUCS= CL)	
	Material rocoso alterado de tipo igneo (SUCS= NP)	Formacion Orcopampa (Basamento rocoso Impermeable)
	Macizo rocoso de tipo igneo - Granodiorita (SUCS= NP)	

Nota: Leyenda de la interpretación de los SEV.

Fotografía 21 Ejecución del ensayo de SEV.



Nota: Ejecución de los ensayos geofísicos contiguos al vaso de la presa.

7.3. PROSPECCION GEOTECNICA DIRECTA

7.3.1. PROSPECCION MEDIANTE PERFORACIONES DIAMANTINAS

El procedimiento universal para la obtener de testigos en toda investigación geotécnica, geológica a profundidades considerables, con fines de cimentación profunda en obras de ingeniería, así como indica la normativa vigente de perforación de suelo In Situ (ASTM-D2113-93).

UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES DIAMANTINAS

Se ha realizado 03 sondajes en el eje de la presa proyectado, en zonas estratégicas, como complemento para la determinación del perfil estratigráfico, en la tabla 58, describimos la ubicación con su respectiva profundidad.

Tabla 30 Ubicación de perforaciones diamantinas.

Código	Zona	Ubicación de perforaciones diamantinas		Profundidad
		Este	Norte	
C-01	19L	193895.22	8382452.02	20.20
C-02		193747.31	8382443.71	20.60
C-03		193639.23	8382440.95	73.20

Nota: Se muestra los datos de coordenadas y profundidad de las perforaciones diamantinas.

Fuente: elaboración propia.

Figura 82 Ubicación de perforaciones diamantinas.



Nota: Se observan las ubicaciones de las perforaciones diamantinas distribuidas en eje de presa de color rojo y los puntos de exploración de color amarillo. (elaboración propia)

7.3.1.1.DESCRIPCION DE LAS PERFORACIONES DIAMANTINAS

Líneas abajo se detalla cada una de las calicatas y las observaciones encontradas en campo:

La perforación Diamantina 01 con código P-01, está ubicado en la cortina del proyectado para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 20.20 m en la cual se determinó 7 horizontes, la napa freática se localizó a 1.50 m, que en el siguiente cuadro 25 se describe:



Cuadro 17 Descripción de la exploración del sondaje diamantino P – 01

Nro de estrato	COD P - 01		UBICACIÓN DE SONDAJES DE LA PERFORACION DIAMANTINA	
	PROFUNDIDAD		DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS
	DESDE	HASTA		
1	0.00 m	0.60 m	Material grueso gravoso con presencia de material fino arcillo limoso de mediana a baja plasticidad y material organico por la presencia de cobertura vegetal de color gris oscuro.	GC - GM
2	0.60 m	1.50 m	Horizonte de origen fluvial - glaciario, Material grueso, gravas subredondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media de color gris oscuro. Se detecto el nivel freatico en la base de este horizonte.	GC
3	1.50 m	3.45 m	Horizonte de origen aluvial - glaciario; Material grueso, gravas subredondeadas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GC - GM
4	3.45 m	4.65 m	horizonte de origen fluvial; Material grueso, gravas redondeadas pobremente gradado con presencia de material fino limoso de baja plasticidad e intercalada con arena de color gris oscuro.	GP
5	4.65 m	8.45 m	Horizonte de origen aluvial - glaciario; Material grueso, gravas no redondeadas con presencia de material fino arcillo limoso de mediana a baja plasticidad color gris oscuro y presencia minima de arena.	GC - GM
6	8.45 m	12.50 m	Horizonte de origen aluvial; Material grueso, gravas no redondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GP - GC
7	12.50 m	15.00 m	Horizonte de origen fluvial, Material grueso, gravas subredondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media de color gris oscuro y arena en pequeños lentes de color gris oscuro.	GC
8	15.00 m	20.20 m	Roca granodiorita de aspecto homogéneo y color gris claro, con pequeñas vetas de cuarzo, bajo grado de diaclasamiento, resistencia media y RDQ (45%)	ROCA

NF
(1.50m)

Nota: Se muestran los datos obtenidos de la perforación diamantina, profundidades en m, con una descripción, nivel freático delimitado por una línea azul y clasificación SUCS.



Cuadro 18 Descripción de la exploración del sondaje diamantino P – 02

Nro de estrato	P - 02		UBICACIÓN DE SONDAJES DE LA PERFORACION DIAMANTINA	
	PROFUNDIDAD		DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS
	DESDE	HASTA		
1	0.00 m	0.50 m	Material de relleno altamente organico por la presencia de cobertura vegetal, con pequeñas laminaciones de arena de color gris oscuro.	Pt
2	0.50 m	2.60 m	Horizonte de origen aluvial - glaciar; Material grueso, gravas redondeadas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes. Se detecto el nivel freatico en la parte superior de este horizonte.	GC - GM
3	2.60 m	8.00 m	Horizonte de origen aluvial; Material grueso, arenoso con presencia de material fino limoso de color marron oscuro de plasticidad baja.	SP - SM
4	8.00 m	9.50 m	Horizonte de origen fluvial; Material grueso, gravas redondeadas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro.	GC - GM
5	9.50 m	11.80 m	Roca granodiorita de aspecto homoganeo y color gris claro, bajo grado de diaclasamiento, resistencia baja y RDQ (35%)	ROCA GRANODIORITA ALTERADA
6	11.80 m	20.60 m	Roca granodiorita de aspecto homoganeo y color gris claro, diaclasamiento de grado medio, resistencia media y RDQ (50%)	ROCA GRANODIORITA

NF
(0.60m)

Nota: se muestran los datos obtenidos de la perforación diamantina, profundidades en m, con una descripción, nivel freático delimitado por una línea azul y clasificación SUCS.

La perforación Diamantina 02 con código P-02, está ubicado en la cortina proyectada para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 20.60 m en la cual se determinó 6 horizontes, la napa freática se localizó a 0.60 m, que en el siguiente cuadro 26 se describe:



Cuadro 19 Descripción de la exploración del sondaje diamantino P – 03

Nro de estrato	P - 03		UBICACIÓN DE SONDAJES DE LA PERFORACION DIAMANTINA	
	PROFUNDIDAD		DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS
	DESDE	HASTA		
1	0.00 m	1.00 m	Material de relleno altamente organico por la presencia de cobertura vegetal, con pequeñas laminaciones de arena de color gris oscuro.	Pt
2	1.00 m	3.00 m	Horizonte de origen aluvial - glaciar; Material grueso, gravas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GC - GM
3	3.00 m	3.45 m	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcillo limoso de mediana plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.	CL - ML
4	3.45 m	7.60 m	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.	CL
5	7.60 m	21.00 m	Horizonte de origen aluvial - glaciar; Material grueso, gravas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GC - GM
6	21.00 m	27.00 m	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.	CL
7	27.00 m	35.50 m	Horizonte de origen aluvial - glaciar; Material grueso, gravas pobremente redondeadas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GC - GM
8	35.50 m	40.00 m	Horizonte de origen aluvial; Material grueso, arenoso con presencia de material fino limoso de color marron oscuro de plasticidad baja.	SP - SM
9	40.00 m	45.00 m	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.	CL
10	45.00 m	50.00 m	Horizonte de origen aluvial - glaciar; Material grueso, gravas pobremente redondeadas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GC - GM
11	50.00 m	55.00 m	Horizonte de origen fluvial - glaciar, Material grueso, gravas subredondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media a alta de color gris oscuro.	GC
12	55.00 m	60.00 m	Horizonte de origen aluvial - glaciar; Material grueso, gravas pobremente redondeadas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GC - GM
13	60.00 m	62.50 m	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.	CL
14	62.50 m	65.00 m	Horizonte de origen fluvial - glaciar, Material grueso, gravas subredondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media a alta de color gris oscuro.	GC
15	65.00 m	66.50 m	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.	CL
16	66.50 m	70.00 m	Horizonte de origen aluvial; Material grueso, gravas no redondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.	GP - GC
17	70.00 m	73.20 m	Horizonte de origen fluvial - glaciar, Material grueso, gravas subredondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media a alta de color gris oscuro.	GC

NF
(8.40m)

Nota: se muestran los datos obtenidos de la perforación diamantina, profundidades en m, con una descripción, nivel freático delimitado por una línea azul y clasificación SUCS.

La perforación Diamantina 03 con código P-03, está ubicado en la cortina proyectada para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 73.20 m en la cual se determinó 18 horizontes, la napa freática se localizó a 8.40 m, que en el siguiente cuadro 27 se describe:

Fotografía 22 y Fotografía 1 Perforación diamantina 01.



Nota: Se muestra a la izquierda caja de extracción de testigos de diamantina y derecho instalación del equipo de perforación diamantina en P – 01.

Fotografía 23 y Fotografía 2 Perforación diamantina 02.



Nota: Se muestra a la izquierda caja de extracción de testigos de diamantina y derecho instalación del equipo de perforación diamantina en P – 02.

Fotografía 24 y Fotografía 3 Perforación diamantina 03.



Nota: Se muestra a la izquierda caja de extracción de testigos de diamantina y derecho instalación del equipo de perforación diamantina en P – 03.

Fotografía 4 y Fotografía 5 Logueo geológico - geotécnico.



Nota: Se realizó la caracterización geológico – geotécnico, para determinar las características del basamento rocoso.

7.3.1.2. INSTRUMENTACION UTILIZADA PARA PERFORACION DIAMANTINA

Para la realización de las perforaciones diamantinas se contó con una máquina perforadora MODELO CC- 4000, montada en orugas.

A continuación, se detalla las especificaciones técnicas de la instrumentación empleada.

MAQUINA PERFORADORA MODELO: CC- 4000 MONTADA EN ORUGAS

Figura 83 Máquina perforadora.



Nota: Se muestra una máquina para perforaciones diamantinas. (Elaboración propia)

7.3.2. PROSPECCION MEDIANTE CALICATAS

Para la viabilidad del desarrollo de los trabajos realizados en campo se recurrió a personal obrero para la excavación de calicatas mediante picos, palas, baldes y barretas. Las excavaciones se realizaron manualmente según la NTP. 339.162, los cuales han servido para realizar el registro estratigráfico de las calicatas, así como para la obtención y transporte de muestras, de acuerdo a la normativa E.050, posteriormente se han realizado los ensayos físicos y mecánicos de suelos correspondientes.

7.3.2.1. UBICACIÓN DE LAS CALICATAS

Se realizó 05 calicatas en el eje de presa, con el apoyo del estudio geofísico se localizó en zonas estratégicas los 05 puntos, posteriormente los datos obtenidos nos servirán para la determinación del perfil estratigráfico, con ello posteriormente caracterizar del suelo. En los cuadros 57 adjuntos se detalla la exploración de cada calicata.

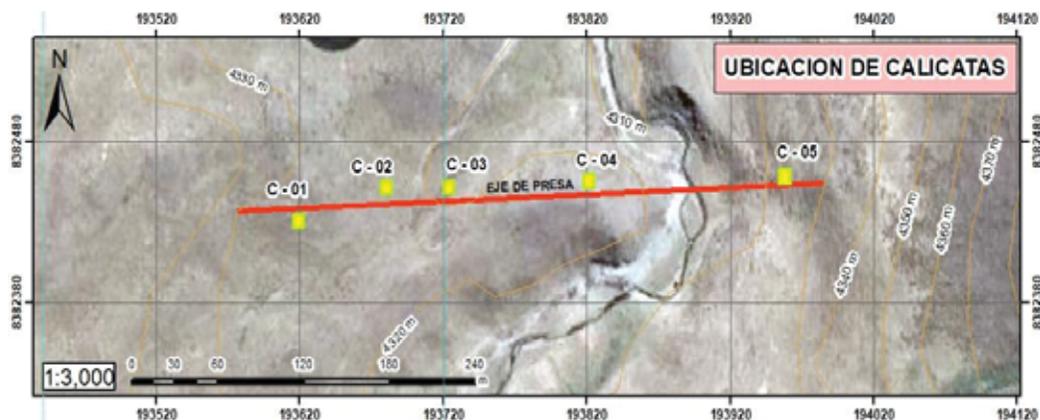
Tabla 31 Ubicación de calicatas

Código	Zona	Ubicación De Calicatas		Profundidad
		Este	Norte	
C-01	19L	193609.22	8382429.14	4.00
C-02		193671.42	8382443.21	4.00
C-03		197240.55	8382443.21	4.00
C-04		193826.44	8382449.63	4.00
C-05		193955.88	8382452.03	4.00

Nota: Se muestran coordenadas y zona de las calicatas realizadas.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 84 Ubicaciones UTM y profundidades exploradas de las calicatas.



Nota: Se muestran las ubicaciones de las calicatas distribuidas en el eje de la presa de color rojo, de color amarillo. (Elaboración propia).

Figura 85 *Prospección mediante calicatas manuales.*



Nota: Se observa la excavación de calicatas de manera manual. (Elaboración propia)

7.3.2.2.DESCRIPCION DE LAS CALICATAS

A continuación, se detalla cada una de las calicatas y las observaciones encontradas en campo:

La calicata 01 con código C - 01, está ubicado en el eje proyectado para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 4.00 m en la cual se determinó 03 horizontes, no se localizó la napa freática, que en el siguiente cuadro 20 se describe:



Cuadro 20 Descripción de la exploración de la calicata C – 01.

Prof.	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.10 m	[Yellow and Orange vertical bars]	Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	Material de relleno altamente organico por la presencia de cobertura vegetal, con pequeñas laminaciones de arena de color gris oscuro.
0.20 m						
0.30 m						
0.40 m						
0.50 m						
0.60 m						
0.70 m						
0.80 m						
0.90 m						
1.00 m						
1.10 m	[Yellow and Orange vertical bars]	GC - GM			Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial - glaciario; Material grueso gravas gruesas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.
1.20 m						
1.30 m						
1.40 m						
1.50 m						
1.60 m						
1.70 m						
1.80 m						
1.90 m						
2.00 m						
2.10 m						
2.20 m						
2.30 m						
2.40 m						
2.50 m						
2.60 m						
2.70 m						
2.80 m						
2.90 m						
3.00 m						
3.10 m						
3.20 m						
3.30 m						
3.40 m						
3.50 m	[Yellow and Orange vertical bars]	CL			Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.
3.60 m						
3.70 m						
3.80 m						
3.90 m						
4.00 m						
NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NAPA FREATICA HASTA LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION						

Nota: se muestra una descripción según la clasificación SUCS, escala grafica cada 10 cm, y la simbología del suelo. (propia).



Cuadro 21 Descripción de la exploración de la calicata C – 02.

Prof.	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripción SUCS	Observaciones
0.10 m	[Color: Yellow]	Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	Material de relleno altamente organico por la presencia de cobertura vegetal, con pequeñas laminaciones de arena de color gris oscuro.
0.20 m						
0.30 m						
0.40 m						
0.50 m						
0.60 m						
0.70 m						
0.80 m						
0.90 m						
1.00 m						
1.10 m	[Color: Yellow]	GC - GM			Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial - glacial; Material grueso gravas gruesas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.
1.20 m						
1.30 m						
1.40 m						
1.50 m						
1.60 m						
1.70 m						
1.80 m						
1.90 m						
2.00 m						
2.10 m	[Color: Yellow]	CL			Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.
2.20 m						
2.30 m						
2.40 m						
2.50 m						
2.60 m						
2.70 m						
2.80 m						
2.90 m						
3.00 m						
3.10 m	[Color: Yellow]	CL			Arcilla Inorganica de Baja Plasticidad	Horizonte de origen lacustre; Material fino arcilloso de mediana a alta plasticidad de color marron oscuro con presencia de pequeños lentes de arena de color gris oscuro.
3.20 m						
3.30 m						
3.40 m						
3.50 m						
3.60 m						
3.70 m						
3.80 m						
3.90 m						
4.00 m						
NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NAPA FREATICA HASTA LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION						

Nota: se muestra una descripción según la clasificación SUCS, escala grafica cada 10 cm, y la simbología del suelo. (propia).

La calicata 02 con código c - 02, está ubicado en el eje proyectado para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 4.00 m en la cual se determinó 03 horizontes, no se localizó la napa freática, que en el siguiente cuadro 21 se describe:

La calicata 03 con código C - 03, está ubicado en el eje proyectado para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 4.00 m en la cual se determinó 03 horizontes, se localizó la napa freática a 2.70 m, que en el siguiente cuadro 22 se describe:



Cuadro 22 Descripción de la exploración de la calicata C – 03.

Prof.	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.10 m	[Color: Yellow]	Pt			Turba y Suelos Altamente Organicos	Material de relleno altamente organico por la presencia de cobertura vegetal, con pequeñas laminaciones de arena de color gris oscuro.
0.20 m						
0.30 m						
0.40 m						
0.50 m						
0.60 m						
0.70 m	[Color: Yellow]	GC - GM			Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial - glaciár; Material grueso gravas gruesas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.
0.80 m						
0.90 m						
1.00 m						
1.10 m						
1.20 m						
1.30 m						
1.40 m						
1.50 m						
1.60 m						
1.70 m						
1.80 m	[Color: Yellow]	SP - SM			Arena Mal Gradada Limosa de baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial; Material grueso arenoso con presencia de material fino limoso de color marron oscuro de plasticidad baja.
1.90 m						
2.00 m						
2.10 m						
2.20 m						
2.30 m						
2.40 m						
2.50 m						
2.60 m						
2.70 m						
2.80 m						
2.90 m						
3.00 m						
3.10 m						
3.20 m						
3.30 m						
3.40 m						
3.50 m						
3.60 m						
3.70 m						
3.80 m						
3.90 m						
4.00 m						
SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO A 2.70 m EN TODA LA EXPLORACION						

Nota: se muestra una descripción según la clasificación SUCS, escala grafica cada 10 cm, y la simbología del suelo. (propia).

La calicata 04 con código C - 04, está ubicado en el eje proyectado para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 4.00 m en la cual se determinó 02 horizontes, no se localizó la presencia de napa freática napa freático, que en el siguiente cuadro 23 se describe:



Cuadro 23 Descripción de la exploración de la calicata C – 04.

Prof.	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripción SUCS	Observaciones
0.10 m	[Yellow]	GC - GM			Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial - glaciár; Material grueso gravas gruesas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.
0.20 m						
0.30 m						
0.40 m						
0.50 m						
0.60 m						
0.70 m						
0.80 m						
0.90 m						
1.00 m						
1.10 m	[Yellow]	SP - SM			Arena Mal Gradada Limosa de baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial; Material grueso arenoso con presencia de material fino limoso de color marron oscuro de plasticidad baja.
1.20 m						
1.30 m						
1.40 m						
1.50 m						
1.60 m						
1.70 m						
1.80 m						
1.90 m						
2.00 m						
2.10 m						
2.20 m						
2.30 m						
2.40 m						
2.50 m						
2.60 m						
2.70 m						
2.80 m						
2.90 m						
3.00 m						
3.10 m						
3.20 m						
3.30 m						
3.40 m						
3.50 m						
3.60 m						
3.70 m						
3.80 m						
3.90 m						
4.00 m						
NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NIVEL FREATICO HASTA LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION						

Nota: se muestra una descripción según la clasificación SUCS, escala grafica cada 10 cm, y la simbología del suelo. (propia).

La calicata 05 con código C - 05, está ubicado en el eje proyectado para la presa, donde se alcanzó a una profundidad de 4.00 m en la cual se determinó 03 horizontes, no se localizó la napa freática, que en el siguiente cuadro 24 se describe:

Cuadro 24 Descripción de la exploración de la calicata C – 05.

Prof.	ESC	SUCS	VISTA	Simbología SUCS	Descripcion SUCS	Observaciones
0.10 m		GC - GM			Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial - glacial; Material grueso gravas gruesas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.
0.20 m						
0.30 m						
0.40 m						
0.50 m						
0.60 m						
0.70 m						
0.80 m						
0.90 m						
1.00 m						
1.10 m		GC			Grava Arcillosa	Horizonte de origen fluvial, Material grueso gravas subredondeadas con presencia de material fino arcilloso de plasticidad media de color gris oscuro y arena en pequeños lentes de color gris oscuro.
1.20 m						
1.30 m						
1.40 m						
1.50 m						
1.60 m						
1.70 m						
1.80 m						
1.90 m						
2.00 m						
2.10 m		GC - GM			Grava Limosa Arcillosa de Baja Plasticidad	Horizonte de origen aluvial - glacial; Material grueso gravas gruesas con presencia de material fino arcillo - limoso de plasticidad media de color gris oscuro y arena fina en pequeños lentes.
2.20 m						
2.30 m						
2.40 m						
2.50 m						
2.60 m						
2.70 m						
2.80 m						
2.90 m						
3.00 m						
3.10 m						
3.20 m						
3.30 m						
3.40 m						
3.50 m						
3.60 m						
3.70 m						
3.80 m						
3.90 m						
4.00 m						
NO SE DETECTO LA PRESENCIA DE NAPA FREATICA HASTA LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION						

Nota: se muestra una descripción según la clasificación SUCS, escala grafica cada 10 cm, y la simbología del suelo. (propia).

7.3.3. PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL EJE DE PRESA

El eje de presa presenta como primer estrato material de origen orgánico presencia de material fino arcillo limoso con una potencia de 1 m en promedio, los estratos a mayor profundidad están compuesto por materiales mixtos, predominantemente materiales grueso gravoso con presencia de material fino arcilloso, así mismo, se detectó la presencia de napa freática a una profundidad alrededor de los 2 m, de acuerdo a las perforaciones diamantinas y la calicata C-03, sin embargo,

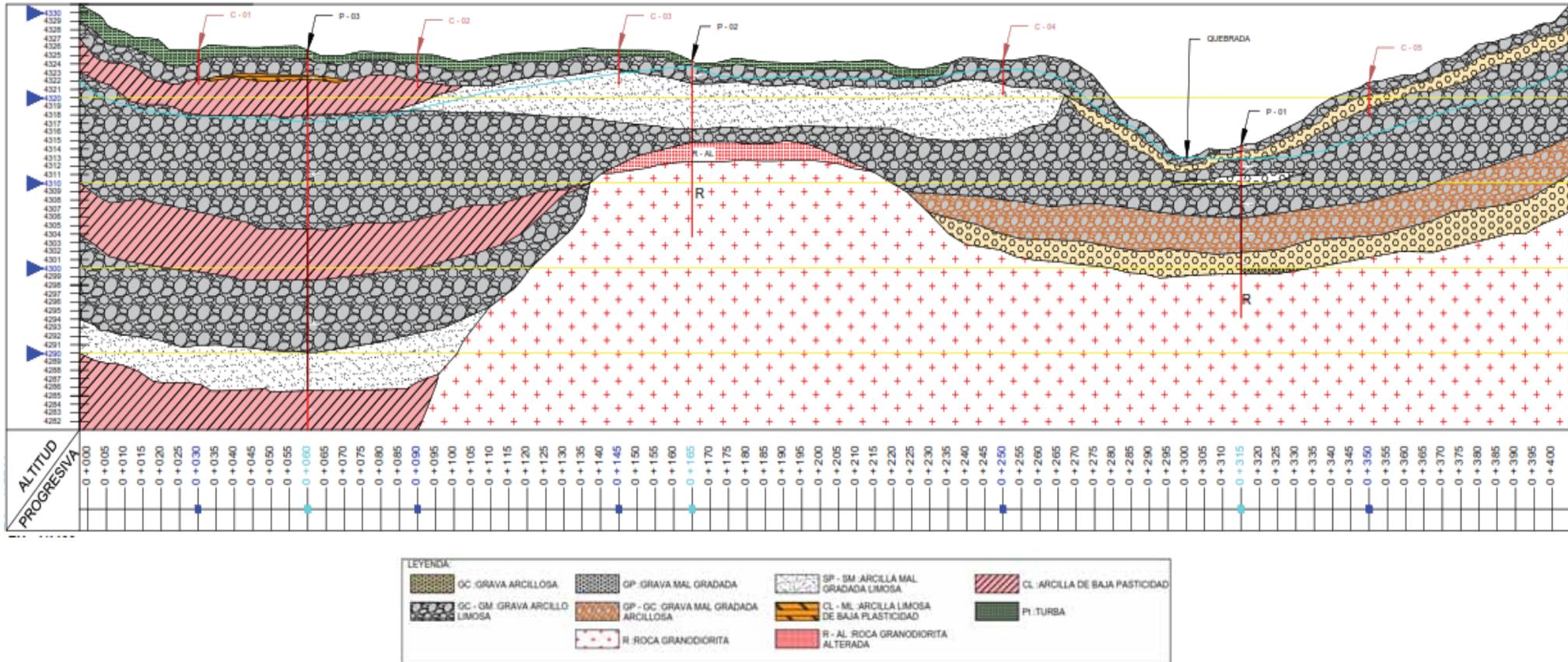


en las calicatas C-01, C-02, C-04 y C-05, no se detectó la presencia de nivel freático. A partir de las correlaciones estratigráficas se infiere que el nivel freático en estos cuatro últimos puntos (C-01, C-02, C-04 y C-05), el nivel freático está a mayor profundidad, como se observa en la sección estratigráfica de calicatas y perforaciones diamantinas.



SECCION ESTRATIGRAFICA EJE DE LA PRESA QUERQUECCOCHA

Figura 86 Sección estratigráfica del eje de presa



Nota: Se observan las perforaciones diamantinas y las calicatas (Elaboración propia).

Para mas detalle ver la sección de planimetría en anexos.

Br. Chara Holguin Jefferson.
Br. Soncco Mamani Yozman Edison.



7.3.4. CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DEL SUELOS

PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL SUELO.

Se realizaron 05 calicatas para determinar las propiedades físico – mecánicas del área del proyecto con código C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05. Del cual obtenemos resultados que según la clasificación de SUCS corresponde a: GP, GC y GM, lo que nos indica que son gravas con mezcla de arcilla, limo y arena, donde la presencia de finos es considerable.

Cuadro 25 Propiedades físicas del suelo con su clasificación según S.U.C.S.

Calicata	Prof.	Ubicación	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	SUCS	P.E.	Humedad
C - 01	3.40 m	TERRENO PORTANTE	62.86%	20.48%	16.65%	21.82%	16.93%	4.89%	GC-GM	2.67 gr/cm3	11.33%
C - 02	3.00 m	TERRENO PORTANTE	65.86%	18.89%	15.25%	21.74%	16.95%	4.79%	GC-GM	2.58 gr/cm3	11.92%
C - 03	2.10 m	TERRENO PORTANTE	60.87%	23.27%	15.86%	21.08%	16.97%	4.11%	GC-GM	2.59 gr/cm3	12.64%
C - 04	2.60 m	TERRENO PORTANTE	64.34%	19.66%	16.00%	21.14%	16.93%	4.21%	GC-GM	2.64 gr/cm3	12.48%
C - 05	3.40 m	TERRENO PORTANTE	67.61%	17.94%	14.45%	21.01%	16.91%	4.11%	GC-GM	2.55 gr/cm3	12.88%

Nota: Se muestran parámetros obtenidos en base a ensayos en laboratorio para las calicatas (propia)

7.3.5. CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE ROCAS

CARACTERIZACION DE MACIZO ROCOSO

Se determinaron la calidad de macizo rocoso en dos puntos representativos, mediante ventanas estructurales utilizando en método RMR (rock mass rating), en base a 6 parámetros y un ajuste por orientación de discontinuidades con el fin de evaluar las condiciones del macizo rocoso. Se tomaron mediciones en dos puntos obteniendo la siguiente información.

CARACTERIZACION DE MACIZO ROCOSO 01

Se realizo en las coordenadas Este 194046 y Norte 8380519, presenta afloramientos rocosos de Andesitas moderadamente meteorizadas, estas se encuentran ubicadas en la ladera hacia el Oeste de la laguna Querquecocha.

Figura 87 Ubicación de la ventana estructural 01



Nota: Se muestra la ubicación de la ventana estructural 01, y la laguna Querquecocha, la dirección de la escorrentía principal hacia el Norte. (Fuente: Google earth).

Para determinar el primer parámetro de resistencia a la roca intacta se realizó en ensayo de carga puntual en tres muestras obteniendo un valor promedio de 41.32 MPa.

Cuadro 26 Ensayo de carga puntual 1



ENSAYO DE CARGA PUNTUAL ASTM D5731

MUESTRA	TIPO DE DISPOSITIVO	P (Mpas)	$L_s = P/De^2$ (kg/cm ²)	$f_c = (De/5)^0.45$	$L_s(50)$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA COMPRESION ESTIMADA $q_u = L_s * 24$ (Mpas)	RESISTENCIA COMPRESION ESTIMADA $q_u = L_s * 24$ (kg/cm ²)
01	3	584.00	19.92	1.04	20.65	48.62 Mpas	495.52 kg/cm ²
02	3	569.00	16.43	1.08	17.68	41.64 Mpas	424.36 kg/cm ²
03	3	520.00	12.85	1.11	14.32	33.72 Mpas	343.64 kg/cm ²
PROMEDIO=						41.32 Mpas	421.17 kg/cm ²

Nota: Se muestran los valores y calculos para obtener el valor de carga puntual. Fuente: INGEOMAT

Fotografía 25 Ensayo de carga puntual para la ventana estructural 01.



Nota: Se muestran la ejecucion de ensayo de carga puntual (elaboracion propia)

El segundo parametro se realizo el analisis del RQD. Para ello se utilizo el metodo de Palstrom.

Presenta tres familias con espaciamiento de 0.30, 0.25, 0.10 respectivamente.

$$J_v = \frac{1}{0.30} + \frac{1}{0.25} + \frac{1}{0.10}$$

$$J_v = 17.33 \text{ disc}/m^3$$

$$RQD_{01} = 115 + 3.3 * 17.33$$

$$RQD_{01} = 57.189$$

Donde:

J_v : Numero de discontinuidades por metro cubico

RQD: Rock qualiti desing

La ventana estructural realizada correspnde a rocas volcanicas Andesitas de baja meteorizacion, la cual presenta tres familias de diaclasas.



Tabla 32 Familias de discontinuidades.

Familias de discontinuidades			
Familia	Azimut	Buzamiento	Espaciamiento m
S1	N 295°	S78° W	0.10
S2	N 150°	S 30° W	0.25
S3	N 208°	N 38° W	0.30

Nota: Se muestra los adatos tomados en campo de azimut y buzamiento para las tres familias (Elaboracion propia).

Para la determinacion del cuarto y quinto parametro sobre la condicion de las discontinuidades, y la correccion por orintacion se muestra el cuadro 14.

Cuadro 27 Valoración del macizo rocoso 01

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES					VALORACIÓN										
RESIST. DE LA ROCA (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	25 - 50
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	2	50 - 75				50 - 75
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	3	0.2 - 0.6				0.2 - 0.6
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10mm.	2	10 - 20m.	1	> 20mm.	0	4A	1 - 3m.			1 - 3m.
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	1 - 5mm.			1 - 5mm.
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	Rugosa			Rugosa
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	Limpia			Limpia
ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	Sana			Sana	
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	Húmedo			Húmedo	
VALOR RMR (Básico) =															59	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0		III									
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA		REGULAR									
Rumbo Perpendicular al Eje/Dirección contra Buzamiento 45°-90°							Rango RMR									
Regular							-5									
VALOR RMR (Corregido) =															54	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0		III									
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA		REGULAR									

Nota: Se muestra un cuadro con los parametros considerando por el metodo RMR de Bieniawski, 1989.(Elaboracion propia con datos de Bieniawski).



Fotografía 26 Toma de datos para la caracterización del macizo rocoso.



**Nota: Se realiza la toma de datos y parámetros para la caracterización del macizo rocoso.
(Elaboración propia)**



CARACTERIZACION DE MASIZO ROCOZO 02

Se realizo en las coordenadas Este 194783 y Norte 8380509, presenta afloramientos rocosos de Andesitas moderadamente meteorizadas, estas se encuentran ubicadas en la ladera hacia el Este de la laguna Querquecocha.

Figura 88 Ubicación de la ventana estructural 02.



Nota: Se muestra la ubicación de la ventana estructural 02, y la laguna Querquecocha, la dirección de la escorrentía principal hacia el Norte. (Fuente: Google earth).

Para determinar el parámetro de resistencia a la roca intacta se realizó en ensayo de carga puntual en tres muestras obteniendo un valor promedio de 51.68 MPa.

Cuadro 28 Ensayo de carga puntual 2



ENSAYO DE CARGA PUNTUAL ASTM D5731

MUESTRA	TIPO DE DISPOSITIVO	P (Mpas)	$L_s = P/De^2$ (kg/cm ²)	$f = (De/5)^{0.45}$	$L_s(50)$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA COMPRESION ESTIMADA $q_u = L_s * 24$ (Mpas)	RESISTENCIA COMPRESION ESTIMADA $q_u = L_s * 24$ (kg/cm ²)
2 A	3	690.00	23.54	1.04	24.39	57.44 Mpas	585.46 kg/cm ²
2 B	3	703.00	20.30	1.08	21.85	51.44 Mpas	524.30 kg/cm ²
2 C	3	712.00	17.59	1.11	19.60	46.17 Mpas	470.52 kg/cm ²
PROMEDIO=						51.68 Mpas	526.76 kg/cm ²

Nota: se muestran los valores y calculos para obtener el valor de carga puntual.(Fuente: Ingeomat)

Fotografía 27 Ensayo de carga puntual para la ventana estructural 02.



Nota: Se muestran la ejecucion de ensayo de carga puntual (elaboracion propia)



El segundo parametro se realizo el analisis del RQD. Para ello se utilizo el metodo de Palstrom.

Presenta tres familias con espaciamento de 0.40, 0.30, 0.15 respectivamente.

$$J_v = \frac{1}{0.40} + \frac{1}{0.30} + \frac{1}{0.15}$$

$$J_v = 12.5 \text{ disc}/m^3$$

$$RQD_{02} = 115 + 3.3 * 12.5$$

$$RQD_{02} = 73.75$$

Donde:

J_v : Numero de discontinuidades por metro cubico

RQD: Rock qualiti desing

La ventana estructural realizada correspnde a rocas volcanicas Andesitas de baja meteorizacion, la cual presenta tres familias de diaclasas.

Tabla 33 Familias de discontinuidades

Familias de discontinuidades				
Familia	Azimut	Buzamiento	Espaciamento m	
S1	N 55°	S 78° E	0.15	
S2	N 15°	S 50° E	0.30	
S3	N 140°	S 45° W	0.40	

Nota: Se muestra los adatos tomados en campo de azimut y buzamiento para las tres familias (Elaboracion propia).

Para la determinacion del cuarto y quinto parametro sobre la condicion de las discontinuidades, y la correccion por orintacion se muestra el cuadro 16.



Cuadro 29 Valoración del macizo rocoso 02.

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																
PARÁMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORACIONES										VALORACIÓN					
RESIST. DE LA ROCA (MPa)	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	50 - 100
RQD %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	< 25	3	< 25	3	2	50 - 75
ESPACIAMIENTO (m.)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5	< 0.06	5	< 0.06	5	3	0.2 - 0.6
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3m.	4	3 - 10mm.	2	10 - 20mm.	1	> 20mm.	0	4A	3 - 10mm.	0	4A	3 - 10mm.
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1mm.	5	0.1 - 1.0mm.	4	1 - 5mm.	1	> 5mm.	0	4B	1 - 5mm.	0	4B	1 - 5mm.
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla	0	4C	Lig. Rugosa	0	4C	Lig. Rugosa
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.	0	4D	Suave < 5mm.	0	4D	Suave < 5mm.
ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0	4E	Mod. Alterada	0	4E	Mod. Alterada	
AGUA SUBTERRÁNEA	Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo	0	5	Húmedo	0	5	Húmedo	
VALOR RMR (Básico) =															50	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0											III
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA											REGULAR
VALOR RMR (Corregido) =															45	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0											III
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA											REGULAR

Rumbo Perpendicular al Eje/Dirección contra Buzamiento 45°-90°	Rango RMR
Regular	-5

Nota: Se muestra un cuadro con los parametros considerando por el metodo RMR de Bieniawski, 1989.(Elaboracion propia con datos de Bieniawski).

Fotografía 28 Toma de datos para la caracterización del macizo rocoso.



Nota: Se realiza la toma de datos y parámetros para la caracterización del macizo rocoso. (Elaboración propia)



La zona presenta afloramientos en su mayoría de rocas volcánicas, se tomó en cuenta los más representativos para la caracterización de macizo rocoso.

Para la ventana estructural 01 se obtuvieron un valor de RMR basico de 59 y RMR corregido de 54, se define como macizo de clase III REGULAR.

Para la ventana estructural 02 se obtuvieron un valor de RMR basico de 50 y RMR corregido de 45, se define como macizo de clase III REGULAR.

7.4. CONDICIONES GEOTECNICAS PARA CIMENTACION DE LA PRESA

Para definir las condiciones geotécnicas físicas y mecánicas para el diseño de la cimentación como el ángulo de fricción, cohesión, peso específico, etc. Se tomó como guía el manual de ensayos de materiales publicado por el ministerio de transportes, mediante la dirección general de caminos y ferrocarriles y la E050 de suelos y cimentaciones. La realización de los ensayos y el procesamiento de datos se realizó por medio de la empresa INGEOMAT. E.I.R.L.

7.4.1. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO

Para determinar la capacidad admisible del terreno se realizó mediante el método Meyerhof y Vesic, con la muestra extraída de P-1, por tratarse de materiales gruesos (gravoso - arenoso) se aplicó el ensayo de corte directo CD, según la normativa ASTM D3080, con factor de seguridad de 3, proyectado a diferentes profundidades y a condiciones críticas.

Se establece a 3.00 m el terreno portante, con respecto al fondo del valle, con capacidad de carga 2.02 kg/cm² (según Meyerhof valor más conservador).

Cuadro 30 de las condiciones de cimentación.

Calicata	UBICACIÓN	Df	qa=capacidad de carga		ϕ interna	Cohesion (kg/cm ²)	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	SUCS	P.E. gr/cm ³
			Meyerhof (kg/cm ²)	Vesic (kg/cm ²)										
P-1	CIMENTACION	3.00 m	2.02	2.14	39.00 °	0.00	49.40%	23.77%	26.83%	21.68%	16.89%	4.79%	GC-GM	2.25

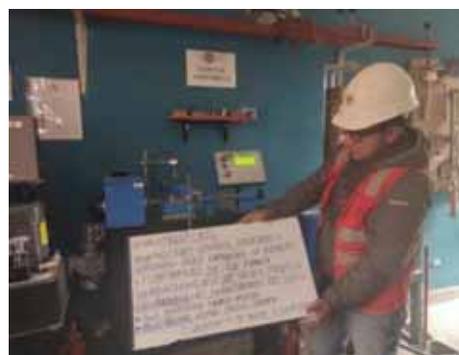
Nota: Se muestran parámetros necesario empleado para las condiciones de cimentación. (propia)

Fotografía 6 y Fotografía 7 Análisis granulométrico.



Nota: Izquierda: Determinación de los límites de consistencia, DERECHA: Análisis granulométrico.

Fotografía 8 y Fotografía 9 Ejecución del ensayo de corte directo.



Nota: Empleo del equipo de corte directo, para la determinación del ángulo de fricción y cohesión.



El terreno de fundación corresponde a suelo y roca, sin embargo, se realizó la determinación de la capacidad portante en el suelo por ser un terreno portante más crítico, en relación al macizo rocoso que presenta capacidades de carga muy por encima que el de un suelo.

Cuadro 31 Resumen de las condiciones de cimentación, en suelos.

Calicata	UBICACIÓN	Df	qa=capacidad de carga		ϕ interna	Cohesion (kg/cm ²)	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	SUCS	P.E. gr/cm ³
			Meyerhof (kg/cm ²)	Vesic (kg/cm ²)										
P-1	CIMENTACION	3.00 m	2.02	2.14	39.00 °	0.00	49.40%	23.77%	26.83%	21.68%	16.89%	4.79%	GC-GM	2.25

Nota: Se muestran parámetros necesario empleado para las condiciones de cimentación. (propia)

Cuadro 32 Resumen de las condiciones de cimentación, en rocas.

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION EN ROCAS								
N° DE CALICATA*	UBICACIÓN	VALORES GEOMECANICOS				VALORES GEOTECNICOS		
		Angulo de friccion basico	Angulo de friccion residual	Resistencia a la compresion uniaxial	Rugosidad	df**	qa= Capacidad Portante	
							Meyerhof	Vesic
P - 02	EJE DE PRESA	28.20 °	28.40 °	51.07 Mpas	6.00	3.00 m	5.27 kg/cm ²	5.62 kg/cm ²

Nota: Se muestran parámetros necesario empleado para las condiciones de cimentación. (propia)

Ver en la sección anexos el eje de presa con los resultados de capacidad de carga.

7.4.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA

Una presa se establece de acuerdo al uso, condiciones geológicas, hidrológicas, geotécnicas y entre otros. Para el presente proyecto se propone una presa de tipo CFRD (CONCRETE FACE ROCKFILL DAMS / PRESA DE ENROCADO CON CARA DE CONCRETO), compuesta por mampostería de concreto con roca, con núcleo de arcilla, pantalla de geomembrana cubierto por un emboquillado de roca y concreto fc:210 kg/cm², un dentellón de arcilla revestido con geomembrana y un filtro tipo chimenea.



RESUMEN DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DEL EJE DE PRESA

Tabla 34 Condiciones geotécnicas.

Df (Profundidad de fundación)	Sistema estructural	Tipo de cimentación	Suelo portante	Roca portante	Capacidad de carga admisible del Suelo	Capacidad de carga admisible de la roca	Calidad del macizo rocoso RMR	Tipo de perfil del suelo E030 (Geofísica)
3.00 m	Concreto armado	Zapatas corridas	GC-GM	GRANODIORITA	2.02	5.27	BUENA II	S2 (SUELOS INTERMEDIOS) Y S1 (SUELOS RIGIDOS)

RESUMEN DE LAS CONDICIONES GEOLOGICAS DEL EJE DE PRESA.

Tabla 35 Condiciones geológicas

PENDIENTE (clase)	GEOMORFOLOGIA	LITOESTRATIGRAFIA	FORMACION
A, B, C, D, E, F	Laderas de montaña baja, fondo de valle, altiplanicies y quebrada	Depósitos fluvio-glaciares-morrenicos	Depósitos fluvio-glaciares (Qpl-glf)

RESUMEN DE LAS CONDICIONES HIDROLOGICAS DEL EJE DE PRESA

Tabla 36 Condiciones hidrológicas

OFERTA HIDRICA (anual)	DEMANDA HIDRICA (anual)	CAPACIDAD DE EMBALSE	NIVEL DE TERRENO (NT)	NIVEL MUERTO (NAMU)	NIVEL DE MAXIMA OPERACIÓN (NAMO)	NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EXTRAORDINARIAS (NAME)
13.64 Hm3	5253.04 m3	18.8074 Hm3	4310.0 m.s.n.m.	4316.86 m.s.n.m.	4328.67 m.s.n.m.	4329.58 m.s.n.m.

La elección del tipo de presa se hizo por lo siguiente:

La disponibilidad, extracción y transporte de canteras de suelos, agregados y roca. Lo cual genera optimización de gastos.

Es un tipo de estructura permanente que presenta alta durabilidad y eficiencia. Ofrece un mejor comportamiento ante un fenómeno de sifonamiento o rotura de presa. El terreno ofrece una buena capacidad de carga. Bajo estos criterios se plantea este tipo de presa.



7.4.3. TIPO DE CIMENTACION

Para el presente proyecto la cimentación será superficial, mediante un sistema estructural de Zapata Corrida. Lo señalado se establece por el tipo de suelo y roca de fundación, la presión generada por las estructuras proyectadas por el dique de represamiento y la capacidad de carga obtenida.

El nivel de desplante del dique de represamiento se cimentará a una profundidad de 3.00 metros con respecto al fondo de valle del área de fundación, debido que a esa profundidad se alcanza una capacidad de carga de 2.02 kg/cm² en el suelo, de acuerdo a Meyerhof (valor más conservador). Mientras que en los sectores donde se cimentará sobre roca se deberá considerar una capacidad de carga de 5.27 kg/cm². Por otro lado, se propone realizar una cimentación rectangular, tipo plataforma, a ello, colocar una sub base de 0.20 m de espesor, tipo GP - GM compactado, sobre la sub base colocar un solado de 0.60 m de espesor para garantizar la estabilidad de la presa y el empotramiento de las estructuras proyectadas, sobre ello armar toda la mampostería de la presa con un 70 % de roca y 30 % de concreto $f'c=175$ kg/cm².



7.4.4. PROCEDIMIENTO PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE LA PRESA

ANCHO DE CORONA (Lc)

Para la determinación del ancho de corona será necesario conocer la altura y tener en cuenta el siguiente cuadro:

figura 23 Ancho mínimo de la corona para presas de materiales sueltos.

ALTURA (m)	ANCHO (m)
< 20	4
20 a 40	2 + 0,1H
> 40	10

(Fuente: NORMA TECNICA MEXICANA, 2016)

$$L \text{ corona} = 4.00 \text{ m}$$

BORDE LIBRE

Para la determinación del borde libre se debe conocer el Fetch (longitud máxima medido desde el eje de la presa hasta el divortium de la cuenca o microcuenca), en el presente caso es de 2483.3953 m =2.483 km. Para tal fin se deberá considerar lo señalado en los siguientes cuadros:

Fetch (Km)	Bordo libre (m)
< 1.60	1.00
1.60 a 4.00	1.22
4.00 a 8.00	1.52
> 8.00	1.83

(Fuente: SRH - NORMA TECNICA MEXICANA, 2016).



Fetch (Km)	Bordo libre Normal (m)	Bordo libre Minimo (m)
< 1.60	1.20	0.90
1.60 a 4.00	1.50	1.20
4.00 a 8.00	1.80	1.50
8.00 a 16.00	2.40	1.80
> 16.00	3.00	2.10

(Fuente: SRH - NORMA TECNICA MEXICANA, 2016).

Para un cálculo más exacto, optaremos por las siguientes ecuaciones:

Borde libre Normal: 1.50 m.

Borde libre mínimo: 1.20 m.

ALTURA DE LA H₀:

Altura de ola por viento: Formula empírica de STEVENSON.

$$H_0 = 0.76 * 0.34 * F^{\frac{1}{2}} - 0.26 * F^{1/4}$$

Dónde:

$$F = \text{Fetch (km)} = 2483.3953 \text{ m} = 2.483 \text{ km}$$

Entonces la altura de olas por viento será:

$$H_0 = 0.97 \text{ m}$$

Altura de la ola: 1.00 m.

NUCLEO IMPERMEABLE

El espesor del núcleo debe establecerse teniendo en cuenta consideraciones de filtración de agua y erosión interna.

Para el caso de núcleo será central el espesor variará entre 5% a 10% de la altura de la presa.

$$\text{Espesor del núcleo superior} = 0.05H \text{ a } 0.1H$$



En el presente caso usamos el valor promedio, se tiene entonces un espesor de núcleo de:

Espesor del núcleo superior = 0.1 (20.00)

Espesor del núcleo superior =2.00 m.

La corona del núcleo debe estar ubicada por encima la cota NAME para garantizar la impermeabilidad de la estructura en cualquier condición.

Por lo que se determinó que el núcleo inferior estará ubicado a 0.64 m, sobre el NAME. Además, se debe considerar que el espesor mínimo de espesor del núcleo será de 2.00 m, para permitir la compactación.

Espesor del núcleo inferior=2.00 m

En consecuencia, los taludes serán de: 1:0 (H: V)

DENTELLON

El talud recomendado para dentellón es de 1:0 (H:V).

Para definir la profundidad del ancho y profundidad de dentellón se deberá considerar el ancho del dentellón para lo cual se deberá calcular lo siguiente:

ANCHO DEL FONDO DEL DENTELLON (w):

Por principio de tablaestaca:

PROFUNDIDAD	TALUD	ANCHO
10.00 m	1:00	1.50 m



ESPALDONES DE LOS TALUDES

La presa en proyecto es de tipo (TIERRA Y ENROCADO). Para lo cual se considerara:

TIPO DE PRESA	TALUD AGUAS ARRIBA	TALUD AGUAS ABAJO
DE TIERRA (DEPENDIENDO DEL TIPO DE SUELO)	2 a 4.5	2 a 4.5
TIERRA Y ENROCAMIENTO		
CON NUCLEO CENTRAL Y ESPALDONES DE ROCA	1.3 a 1.8	1.3 a 1.7
CON NUCLEO INCLINADO Y ESPALDONES DE ROCA	1.5 a 2.0	1.2 a 2.6
CON PANTALLA Y ESPALDONES DE ROCA	2 a 3.5	1.2 a 1.6
ENROCAMIENTO		
CON PANTALLA	0.7 a 1.6	1.2 a 1.6
CON DIAFRAGMAN	1.3 a 1.7	1.3 a 1.7

figura 89 Determinación de la relación de talud, en función al tipo de presa y núcleo.

(Fuente: Rasskazov , L. 2008).

PRESA DE TIERRA	TALUD AGUAS ARRIBA	TALUD AGUAS ABAJO
ALTURA DE LA PRESA		
H < 5.00 m	2.00 a 2.50	1.50 a 1.75
5.00 m < H < 10.00 m	2.25 a 2.75	1.75 a 2.25
10.00 m < H < 15.00 m	2.50 a 3.00	2.00 a 2.25
15.00 m < H < 50.00 m	3.00 a 4.00	2.50 a 4.00
H > 50.00 m	4.00 a 5.00	4.00 a 4.50

figura 90 Determinación de la relación de talud, en función al tipo de presa y núcleo.

(Fuente: Nedrigi, V. y otros (1983)).

Con lo propuesto en el cuadro, consideraremos un valor más conservador.:

Talud aguas abajo 1:1 (H : V)

Talud aguas arriba 1:1 (H : V)

De ambos cuadros se tiene:



FILTRO

Jaime Suarez Diaz indican que el espesor mínimo del filtro es de 0.50 m como mínimo; adoptaremos esta recomendación.

ESPESOR DE FILTRO: 0.50 m

* Nota: la relación del talud se considerará la misma del núcleo. 1:0 (H: V)

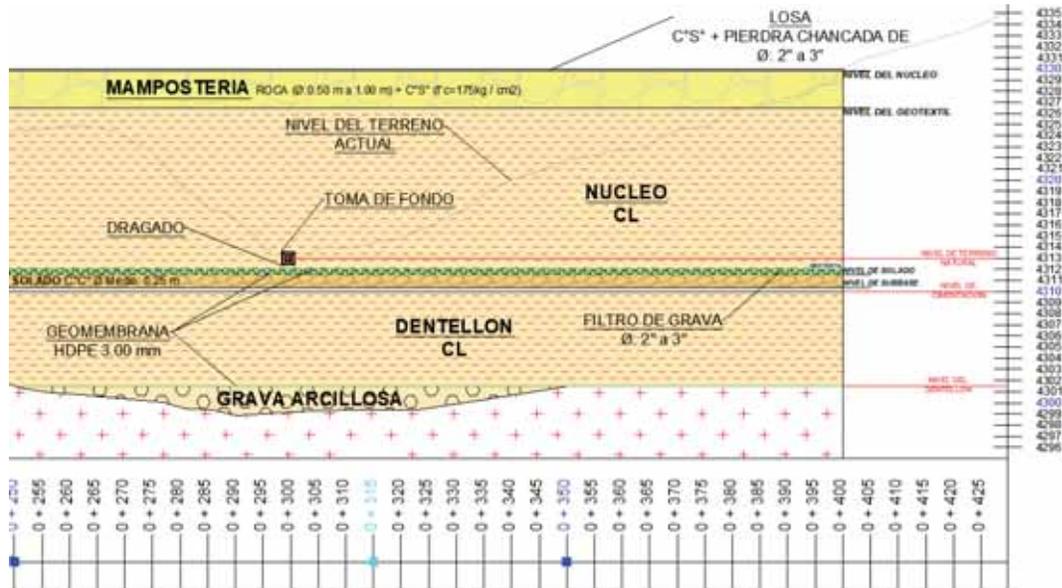
DREN

El objetivo principal de esta capa es evitar la tubificación del espaldón aguas abajo. Para el presente caso consideraremos:

ESPESOR DEL DREN: 0.50 m

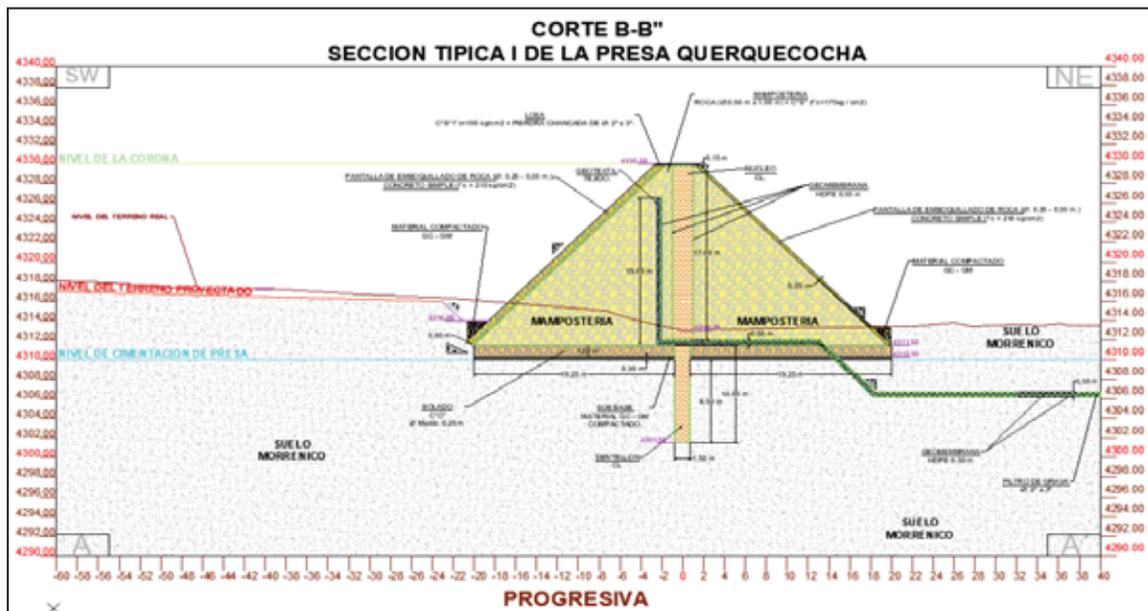


Figura 91 Condiciones de cimentación de la presa Querquecocha.



Nota: Se muestran los diferentes niveles y detalles para el proceso constructivo. (propia)

Figura 92 Corte A_A" presa Querquecocha en suelo.

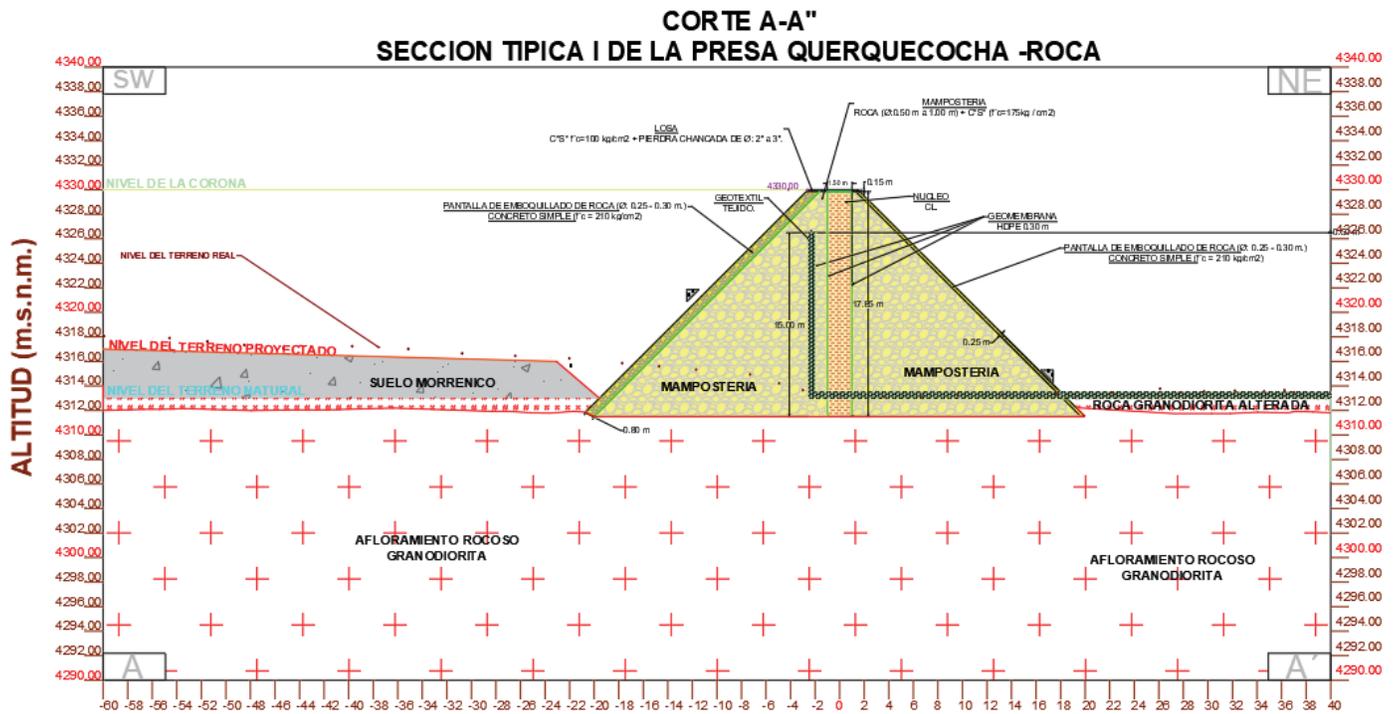


Nota: Se muestran los diferentes de los detalles de una sección transversal del eje de presa.

(Elaboración propia).



Figura 93 Corte típica B-B" de la presa Querquecocha en roca.



Nota: Se muestran los diferentes de los detalles de una sección transversal del eje de presa.
(Elaboración propia)

7.4.5. DIMENSIONES DE LA PRESA:

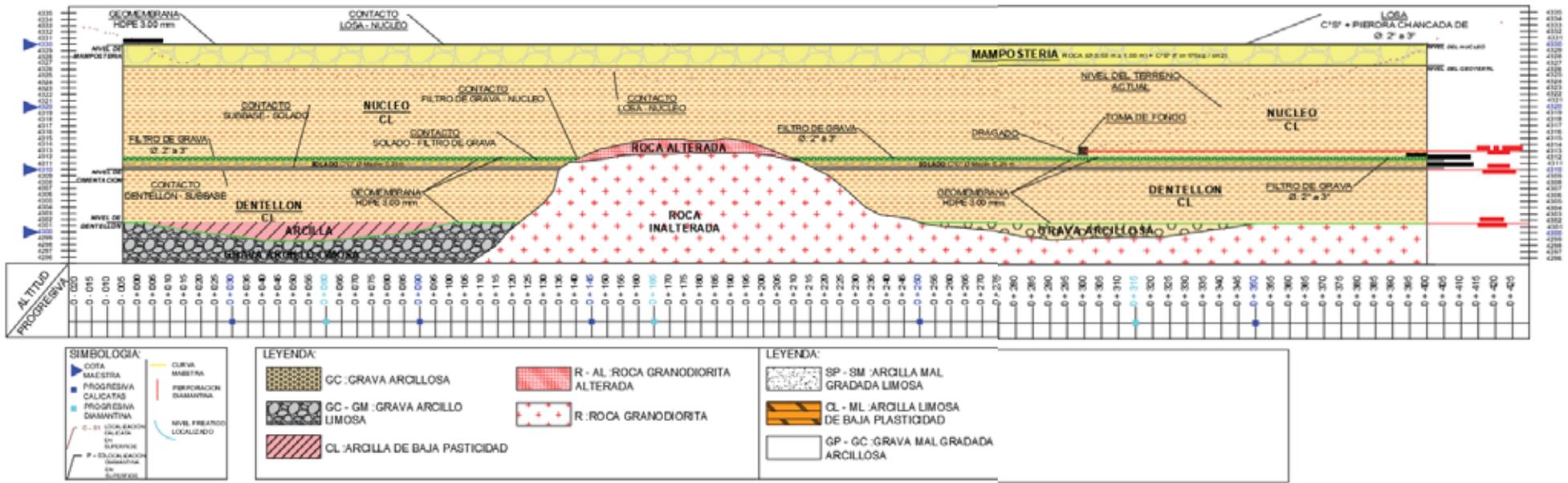
Tabla 37 Volumen y dimensiones de la presa.

ALTURA DE LA PRESA	19.00 m
LONGITUD DE PRESA	400.00 m
ANCHO DE PRESA	40.50 m
ANCHO DE CORONA	12.50 m



SECCION DE LAS CARACTERISTICAS DE CIMENTACION DEL EJE DE LA PRESA QUERQUECCOCHA

Figura 94 Sección de las características de cimentación del eje de presa,



Nota: Sección de características de cimentación, donde se detalla el nivel de las diferentes estructuras proyectadas en el eje de presa. (Elaboración propia)

Br. Chara Holguin Jefferson.
Br. Soncco Mamani Yozman Edison.



7.5. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES

7.5.1. PERMEABILIDAD

Para la determinación del coeficiente de permeabilidad (k) o también llamado conductividad hidráulica (K), se realizó dos ensayos de permeabilidad en campo por el método de carga variable en el Pozo 02 y carga constante en el Pozo 03, no se realizó el ensayo de permeabilidad en el Pozo 01, debido a las condiciones desfavorables del terreno. Por otra parte, se realizó únicamente ensayos de Lefranc en suelos ya que este representa las condiciones más críticas. Sin embargo, será necesario realizar las verificaciones del caso en rocas, bajo el método de Lugeon.

La ubicación de los puntos donde se realizó el ensayo se puede observar en la figura 81 adjunta.

Tabla 38 Ubicación geográfica y altitud del pozo 02.

POZO 02		
COORDENADAS UTM		ALTITUD
193747.31	8382443.71	4323

Nota: Se muestran datos de altitud y coordenadas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39 Ubicación geográfica y altitud del pozo 03.

POZO 03		
COORDENADAS UTM		ALTITUD
193639.23	8382440.95	4325

Nota: Se muestran datos de altitud y coordenadas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 95 Ubicación de los pozos para el ensayo de permeabilidad.



Nota: Localización de los puntos de ensayo de permeabilidad (Elaboración propia-imagen obtenida del Google Earth)

Los datos de campo de la permeabilidad se muestran en el cuadro 31.

POZO 02.

La prueba de permeabilidad se realizó en la Perforación diamantina P-02, a una profundidad de evaluación de 2.00 metros, es decir de -13.00 m a -15.00 m de la Perforación diamantina, donde la permeabilidad obtenida fue 2.7×10^{-4} cm/s, de acuerdo al cuadro 32 de coeficiente de permeabilidad se determina que el suelo posee un drenaje pobre o relativamente impermeable, lo cual se verifica con el tipo de suelo morrenas glaciares que se tiene en la zona de represamiento.



Cuadro 33 Datos de campo para la determinación de la permeabilidad en el Pozo 02.

DATOS DE CAMPO				
Fondo perforación (P)	15.00	m	1,500	cm
Fondo entubación (E)	13.00	m	1,300	cm
Longitud perforación (L)	14.50	m	1,450	cm
Nivel freático (F)	1.50	m	150	cm
Diámetro perforación (d)	89	mm	8.9	cm
Volumen admitido (V)	18.0	l	17,950	cm ³
Tiempo (t)	12	min	720	s
Longitud del tramo ensayado (h)			200	cm
Longitud tramo saturado (Hs)			1,350	cm
Longitud tramo de llenado (H)			300	cm
Caudal (Q) =	2.5E-02	l/s	24.9306	cm ³ /s
Coefficiente de forma =	3.291E-03		$\Delta m =$ 2.62E-04	
Permeabilidad (K)	2.735E-04	cm/s	2.735E-06	m/s

Nota: Se muestran los resultados de para el ensayo de permeabilidad con las unidades correspondientes. (propia).

7.7.1.2. POZO 03.

Cuadro 34 Datos del sondeo

DATOS DEL SONDEO				
Diámetro interior de la entubación o del sondeo (mm): d				10.4
Profundidad del nivel freático (m): F				8.40
Altura de agua sobre el terreno cuando se inicia la recuperación (m): l				0.51
PROFUNDIDAD DEL TRAMO ENSAYADO				
Superior (m): L	15.00	Longitud ensayada (m): h		1.00
Inferior (m): P	16.00			
DATOS DEL ENSAYO				
Tiempo (min.): t	1.4	Tiempo (s):		82.68
Profundidad inicial (m.): HI				8.81
Profundidad final (m.): HF				8.91
Diámetro interior de la entubación o del sondeo (m):				0.0104
Tiempo (min.)	Intervalo de tiempo (min.)	Descenso acumulado del nivel (cm)	Descenso del nivel (cm)	Altura del nivel (m):
0.154	0.154	10.0	10.0	8.81
0.338	0.184	10.0	0.0	8.81
0.542	0.204	10.0	0.0	8.81
0.810	0.268	10.0	0.0	8.81
1.121	0.311	10.0	0.0	8.81
1.378	0.257	10.0	0.0	8.81
	-1		-10.0	8.91
	0		0.0	8.91
	0		0.0	8.91
	0		0.0	8.91
	0		0.0	8.91
RESULTADOS				
PERMEABILIDAD LEFRANC	K (m/s) =			9.7064E-09

Nota: Se muestran datos generales del ensayo y el parte inferior el valor de permeabilidad calculado en m/s para el pozo 02. (propia).



La profundidad de evaluación del pozo 03 es de 1.00 metros, donde la permeabilidad obtenida fue 9.7×10^{-7} cm/s, de acuerdo al cuadro 33 de coeficiente de permeabilidad se determina que el suelo es prácticamente impermeable, lo cual se verifica con el tipo de suelo morrenas glaciares consolidados que se tiene en la zona de represamiento.

7.5.2. POROSIDAD

Se trata de una porosidad primaria en el área del proyecto, donde se determinó y obtuvo un 28.33 % de porosidad (n) y una relación de vacíos (e) de 0.31.

7.5.3. NIVEL FREATICO

El nivel freático en el área del proyecto se localiza por encima del nivel de cimentación.

7.5.4. FLUJO DE AGUA

El cálculo del flujo de agua en el subsuelo se realizó mediante el software aplicado a la hidrogeología IGW (Interactive Ground Water), las bases del software son: líneas equipotenciales, niveles de funcionamiento de la presa, geometría de la presa y el coeficiente de permeabilidad (k).

Una vez interpolada los datos anteriormente mencionados, mediante la ley de Darcy se calculó el caudal de infiltración, como resultado se tiene:

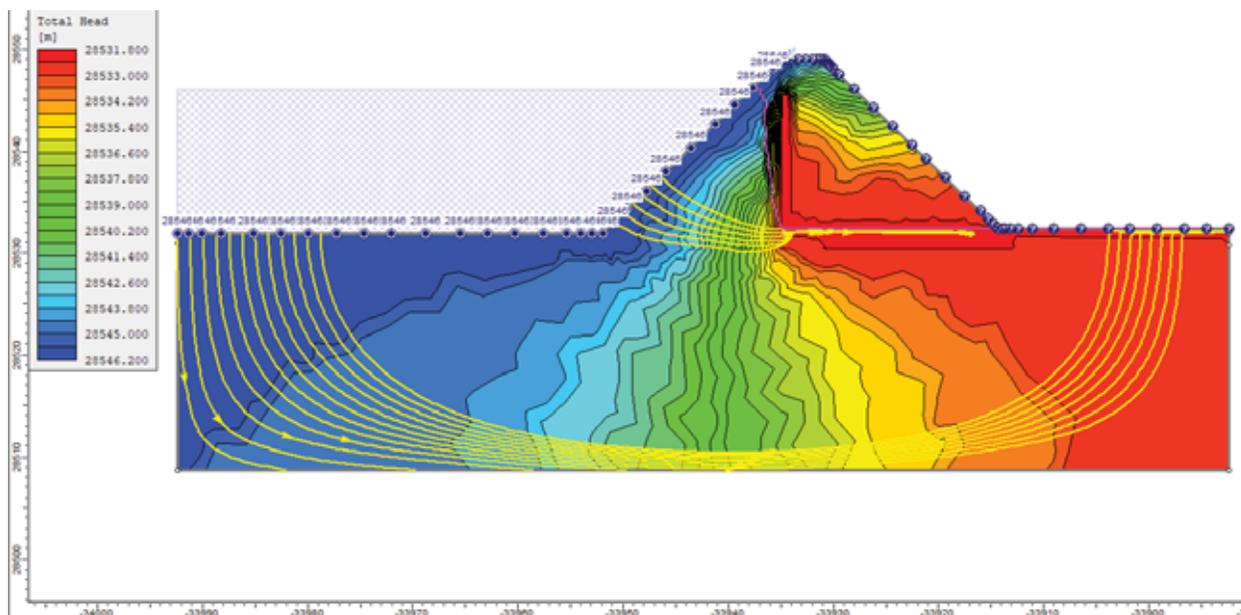
Cuadro 35 Resultados del cálculo del flujo de agua subterránea.

Q1=	0.000278	l/seg
Q2=	0.000001	l/seg
Q promedio=	0.000140	l/seg

Nota: se muestran los resultados de cálculo de flujo en l/s, y un promedio Q promedio. (propia)



Figura 96 Red de flujo subterráneo.



FUENTE: Propia

Con la ley de Darcy se calculó el caudal de infiltración que a continuación se muestra el cálculo.

$$(3) \quad Q = K \text{ cm/seg} \frac{h \text{ cm}}{Nd} \times \frac{A \text{ cm. } 100 \text{ cm}}{L \text{ cm}} \times Nf$$

Donde:

Q = Caudal de infiltración (cm³/seg).

K = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg).

H = Pérdida de carga total (cm).

Nf = Número de canales de flujo

Nd = Número de caídas de potencial

A = Anchura de la sección en el punto (cm).

L = largo de la sección en el punto (cm).

A y L son incógnitas, pero se cancelan ya que la red es cuadrada debido a la intersección de la red de flujo con las líneas equipotenciales.

En el presente proyecto se determinó dos valores del caudal de infiltración, a partir de los cuales se determinará un promedio de infiltración por la variada de la litología presente en el área del proyecto.

Cuadro 36 Procedimiento de la determinación del flujo de infiltración

$$Q = K \text{ cm/seg} \frac{h \text{ cm}}{Nd} \times \frac{A \text{ cm. } 100 \text{ cm}}{L \text{ cm}} \times Nf$$

POZO 02	
K=	2.7*10⁻⁴ cm/seg
h=	1100 cm
Nd=	16 adimensional
A=	1 cm
L=	100 cm
Nf=	15 adimensional
Q=	0.278438 cm ³ /seg
Q=	0.000278 l/seg

$$Q = K \text{ cm/seg} \frac{h \text{ cm}}{Nd} \times \frac{A \text{ cm. } 100 \text{ cm}}{L \text{ cm}} \times Nf$$

POZO 03	
K=	9.7*10⁻⁷ cm/seg
h=	1100 cm
Nd=	16 adimensional
A=	1 cm
L=	100 cm
Nf=	15 adimensional
Q=	0.001000 cm ³ /seg
Q=	0.000001 l/seg

Nota: se muestran cuadros de cálculo de infiltración a la derecha para el pozo 02 y la izquierda el pozo 03, se muestran las unidades. (propia)

7.6. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA PRESA

Las dimensiones que presentara la presa son: longitud de corona de 400 metros, con una altura desde el nivel de la rasante de 17 metros, con una profundidad de cimentación de 3 metros, llegando a ser la profundidad de fundación de 20 metros y un dentellón de 10 metros.

La presa será impermeabilizada por una pantalla de geomembrana HDPE e=5.00 mm de alta elongación, como se observa en la figura adjunta.

Figura 97 Geo membrana HDPE



Nota: IZQUIERDA: Instalación de una geomembrana tipo HDPE, en una pavimentación (Fuente: Pavco wavin - Geosinteticos), DERECHA: Detalles de la geomembrana tipo HDPE. (Fuente: www.frank-diaz.net)



El cuerpo estará compuesto por mampostería de roca granodiorita y diorita de 0.5 a 1 m de diámetro con concreto $f_c:175 \text{ kg/cm}^2$.

Los taludes aguas arriba y abajo estarán cubiertos por un emboquillado de roca y concreto $f_c:210 \text{ kg/cm}^2$.

El núcleo y dentellón estarán compuestos por una arcilla limosa de mediana plasticidad.

Filtro tipo chimenea para drenar el agua que pueda filtrar al cuerpo compuesto por grava de 2” a 3”.

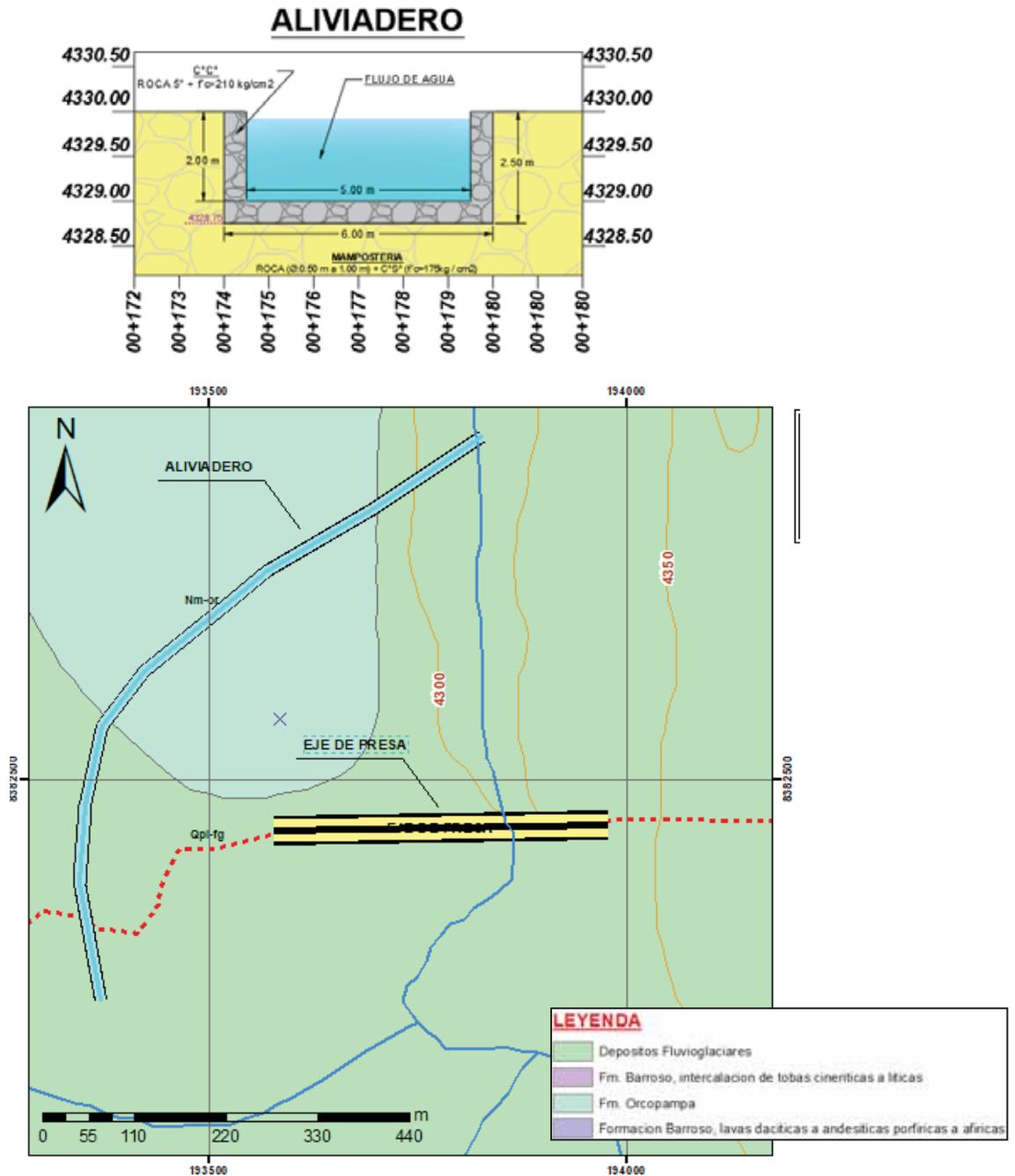
Dren y sub dren con tubería cribada de 450 mm de diámetro revestido por concreto armado de $f_c:210 \text{ kg/cm}^2$ y dados de anclaje, en situaciones que se presente abatimiento de aguas y filtraciones.



7.7. OBRAS HIDRAULICAS

ALIVIADERO:

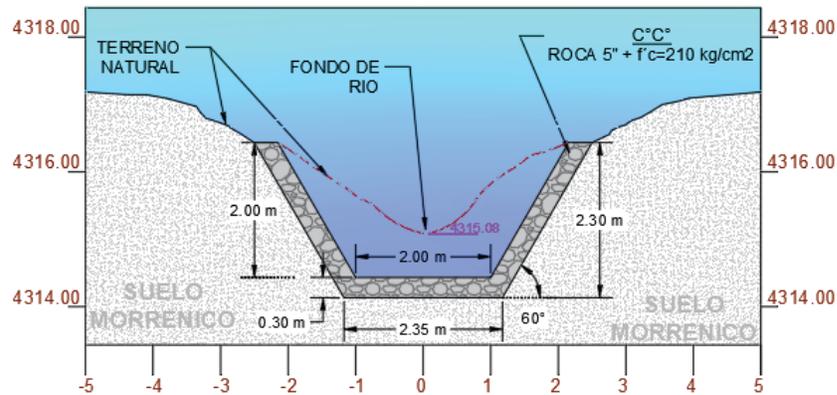
En el presente proyecto se consideró un aliviadero lateral, debido al tipo de presa y las condiciones topográficas, con lo señalado se plantea lo siguiente:



DRAGO:

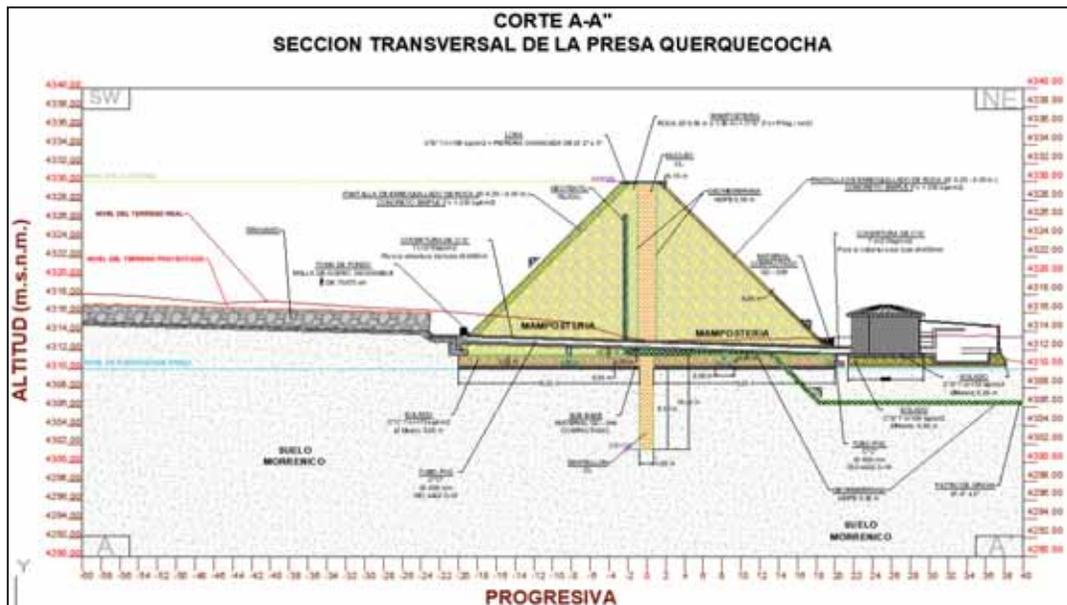
En el presente proyecto se consideró un drago de tipo trapezoidal, debido a las condiciones topográficas, con lo señalado se plantea lo siguiente:

Gráfico 1 Obras hidráulicas en relación al eje de presa.



Nota: IZQUIERDA: Instalación de una geomembrana tipo HDPE, en una pavimentación (Fuente: Pavco wavin - Geosinteticos), DERECHA: Detalles de la geomembrana tipo HDPE. (Fuente: www.frank-diaz.net)

Gráfico 2 Obras hidráulicas en relación al eje de presa.





8. CAPITULO VIII – CANTERAS

8.1. GENERALIDADES

El estudio de canteras y fuentes de agua se realizó con el propósito de ubicar y determinar las propiedades físico-mecánicas y químicas del material de cantera y fuentes de agua para la elaboración del concreto de la presa y obras complementarias.

8.2. CANTERAS DE ROCA

La cantera que proveerá material rocoso, para el presente proyecto será una cantera de roca Plutónica de tipo Diorita y Granodiorita.

8.2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La cantera está ubicada al noreste de la laguna Querquecocha aproximadamente a 1.50 km. Del eje de presa, para determinar sus propiedades físico químicas se obtuvo un conjunto de muestras representativas de este material.

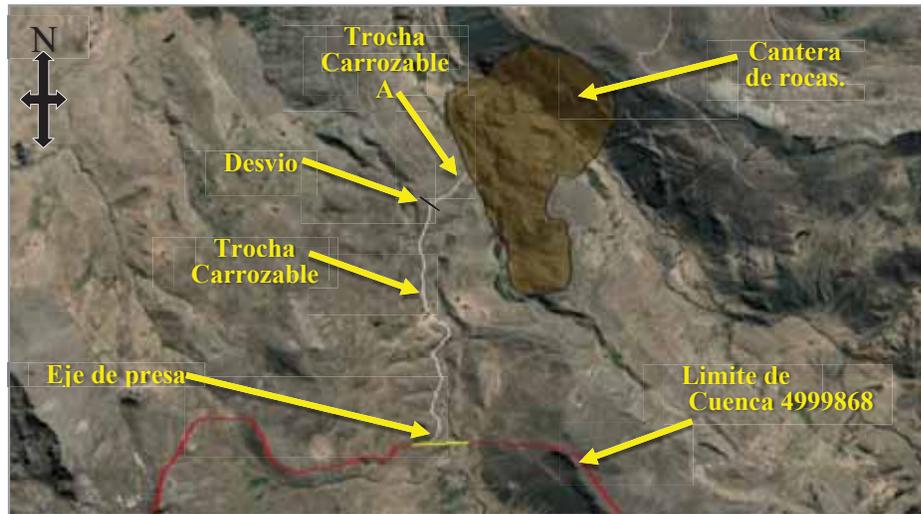
Tabla 40 Cantera de roca

CANTERA DE ROCAS					
COORDENADAS UTM		ALTITUD	AREA	PERIMETRO	ESPEJOR PROMEDIO
194344.22	8384134.44	4300 m.s.n.m.	1.37 km ²	5 535 m	4 m

Nota: Ubicación y dimensiones de la cantera de rocas. (Elaboración propia).

Para acceder a la cantera se tomará una vía carrozable, siguiendo dirección noreste de la laguna Querquecocha, recorriendo 2 kilómetros desde el eje de la presa, posteriormente se tomará un desvío, para lo cual se deberá crear un acceso denominado Trocha carrozable A de 380 metros el cual conducirá al pie de la cantera como se observa en la figura 89.

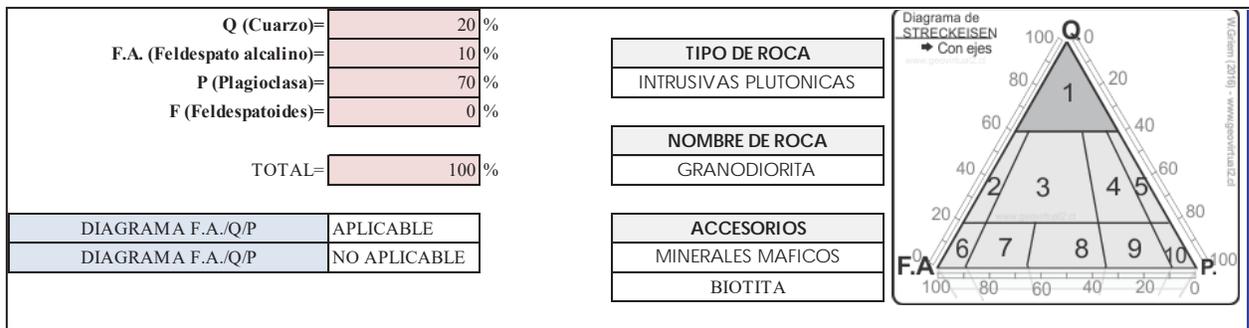
Figura 98 Ubicación de la cantera de rocas



Nota: Se muestra la extensión de la cantera de roca, la parte sombreada de color pardo, y la línea amarilla indica el eje de presa Querquecocha. (Adaptado de Google earth).

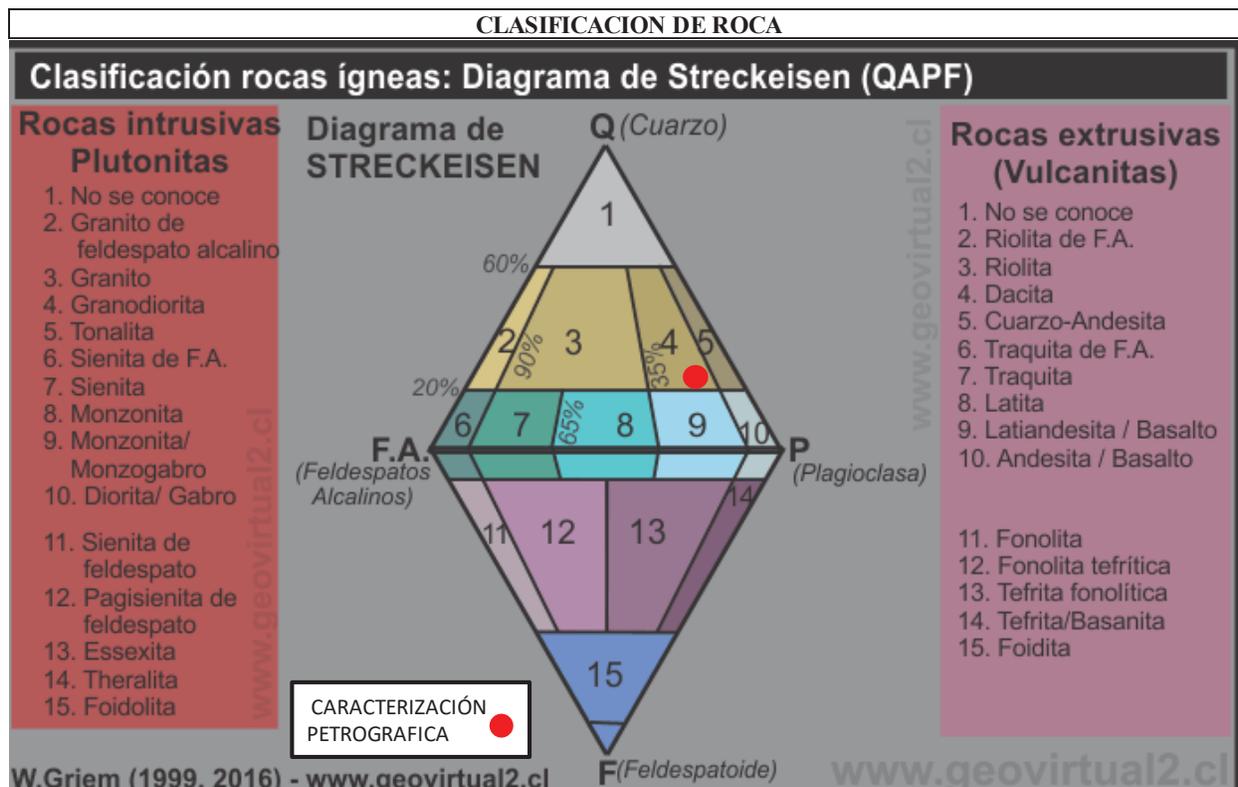
Se realizó una descripción macroscópica de las rocas presentes en la zona de estudio.

Cuadro 37 descripción de rocas ígneas



Nota: Se puede evidenciar que la roca en evaluación está dentro del diagrama AQP, predominando plagioclasas y con minerales accesorios de tipo biotita

Figura 99 Clasificación de rocas ígneas.



Nota: De acuerdo a los diagramas propuestos por streckeisen, la roca en evaluación es una granodiorita.

Cuadro 38 Clasificación del macizo rocoso.

CLASE DE MACIZO ROCOSO					
RMR	100 -81	80 -61	60 -41	40 -21	20 -0
DESCRIPCION	MUY BUENA I	BUENA II	REGULAR III	MALA IV	MUY MALA V

Nota: Se determino la calidad del macizo rocoso a partir del criterio de RMR, para mayor detalle ver la sección anexos “Determinación de los parámetros geo mecánicos del RMR”



Fotografía 10 Localización de canteras.



Nota: Ubicación de canteras posibles para el abastecimiento de agregados y rocas para la construcción de la presa Querquecocha.

Fotografía 11 Localización de canteras.



Nota: Ubicación de canteras posibles para el abastecimiento de agregados y rocas para la construcción de la presa Querquecocha.



Fotografía 12 Localización de canteras.



Nota: Ubicación de canteras posibles para el abastecimiento de agregados y rocas para la construcción de la presa Querquecocha.

Fotografía 13 Determinación de los parámetros mecánicos



Nota: Muestreo de rocas, para el ensayo de carga puntual y descripción petrográfica con muestra de mano.



Fotografía 14 Determinación de los parámetros mecánicos



Nota: Determinación de la rugosidad y persistencia de la roca.

Fotografía 15 Determinación de los parámetros mecánicos



Nota: Determinación de la rugosidad y persistencia de la roca.



8.2.2. CALIDAD Y CANTIDAD

Se tiene una potencia explotable de 4 m aproximado, con un volumen útil de 900 000 m³ cuyo rendimiento es al 80%, esta cantera está formado por rocas plutónicas.

La litología de esta cantera la conforman rocas Diorítica y Granodioríticas de tonalidad gris oscura, con una resistencia alta a la fracturación y con un grado bajo de meteorización

8.2.3. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACION

La explotación de la cantera se realizará en tajo abierto y permanentemente durante todo el periodo constructivo, este afloramiento se encuentra a completa disponibilidad. Se requiriera el uso de martillos como Jack Leng y uso de explosivos para la voladura y reducción de los diámetros de los bloques, ya que los diámetros de los bloques in situ oscilan de 3 a 5 metros.

Posteriormente se requerirá maquinaria pesada para el transporte de los fragmentos de rocas para el enrocado del cuerpo del dique de represamiento y demás obras complementarias.

8.2.4. SITUACION LEGAL

La cantera no pertenece a ningún derecho minero, se identificaron un total de 900 hectáreas de materiales explotables

8.2.5. PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS Y MECANICAS

La determinación de las propiedades físico, químicas y mecánicas de la cantera se realización en las instalaciones de la empresa INGEOMAT. E.I.R.L.

Tabla 41 Propiedades de la cantera de roca

ENSAYOS	RESULTADO
HUMEDAD	1.50%
ABRASION DE LOS ANGELES	32.50%
ESTABILIDAD (SO4 Mg)	4.80%
PESO ESPECIFICO (Base seca)	2.80 gr/cc3
ABSORCION	4.10%
PESO ESPECIFICO (Aparente)	2.50 gr/cc3
MODULO DE ELASTICIDAD	4×10^5 Kg/cm ²
MODULO DE POISSON	0.30 u
PERMEABILIDAD PRIMARIA	7E-1 m/seg
RESISTENCIA COMPRESION	35 kg/cm ²

Nota: Parámetros físicos, químicos y mecánicos de la cantera de roca. (Elaboración propia).

Nota 02: El módulo de Poisson y Young (Elasticidad), se obtuvieron por promedio de los resultados obtenidos del MASW y Compresión uniaxial de núcleos de roca (Esfuerzo vs deformación).

Fotografía 16 Ejecución de los ensayos de absorción del agregado.



Nota: Saturación de la muestra para la determinación del peso específico y absorción. (Elaboración propia).



Fotografía 17 Compresión uniaxial de corazones diamantinos de rocas.



Nota: Verificación de la resistencia de la roca mediante el ensayo de compresión uniaxial. (Elaboración propia).

Fotografía 18 Ensayo de estabilidad química.



Nota: Análisis químico por SO_4Mg a la roca. (Elaboración propia).



Fotografía 19 Ensayo de abrasión de los ángeles.



Nota: Colocación de la muestra de roca de 10 kg en la cámara de Abrasión de los ángeles con 12 billas normalizadas durante 1000 ciclos. (Elaboración propia).

Fotografía 20 Determinación del contenido de humedad de la roca.



Nota: Colocación de las muestras al horno durante 24 horas para determinar el contenido de humedad. (Elaboración propia).



8.3. CANTERAS DE AGREGADOS

La cantera que proveerá agregados grueso y fino para el presente proyecto corresponde a materiales de depósitos cuaternarios aluviales, glaciofluviales y depósitos morrenicos, específicamente materiales como gravas, arenas y rocas parcialmente meteorizada.

8.3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

Esta cantera está ubicada al norte de la actual zona de represamiento de la laguna Querquecocha.

Tabla 42 Cantera de agregados.

CANTERA DE AGREGADOS					
COORDENADAS UTM		ALTITUD	AREA	PERIMETRO	ESPESOR PROMEDIO
193031.99	8385570.13	4320 m.s.n.m.	0.87 Km ²	3 631 m	7 m

Nota: Se muestran las coordenadas, área, de la cantera de agregados (Elaboración propia)

Para acceder a la cantera se tomará una vía carrozable, siguiendo dirección noreste de la laguna Querquecocha, recorriendo 2 kilómetros desde el eje de la presa, posteriormente se tomará un desvío, para lo cual se deberá crear un acceso denominado Nueva trocha carrozable de 380 metros el cual conducirá al pie de la cantera como se observa en la siguiente figura.

Figura 100 Ubicación de la cantera de agregados.



Nota: Se muestra la extensión de la cantera de agregados, la parte sombreada de color verde, y la línea amarilla indica el eje de presa Querquecocha. (Adaptado de Google earth).

8.3.2. CALIDAD Y CANTIDAD.

La cantera presenta un potencial útil de 7 m, volumen útil de 800 000 m³ con un rendimiento al 80%, el material de esta cantera se sitúa al norte de la laguna Querquecocha. La litología de estos suelos lo conforman gravas de esfericidad equidimensional y bloques con tamaño de hasta 10 pulgadas, el tamaño de grava promedio es de 4.00 cm, la litología de los clastos está caracterizada principalmente por cuarcitas, granodiorita, diorita, etc., soportado por una matriz de arena limosa de plasticidad baja.

8.3.3. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACION.

La explotación se deberá de realizar en periodos de estiaje debido a la baja meteorización del material, para lo cual se empleará la siguiente maquinaria: tractor oruga y cargador frontal para cargar el material en los volquetes y para su explotación se requerirá una chancadora para reducir los agregados a los tamaños señalados por normativa, además se requiera una zaranda de 1 1/2”,



debido a que se considera el tamaño máximo nominal como 1”), será crucial evitar el contacto con los estratos aledaños los cuales presentan una clasificación de materiales finos arcillo limosa, de plasticidad media.

El material extraído y tratado se usará para la elaboración de concreto para parte de la construcción del cuerpo de la presa “Mampostería”. Se deberá evitar la explotación en épocas de lluvias debido a el lavado del agregado fino, con ello perdiendo las propiedades granulométricas obtenidas en laboratorio.

8.3.4. SITUACION LEGAL.

La cantera no pertenece a ningún derecho minero, se identificaron un total de 900 hectáreas de materiales explotables

8.3.5. PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS

Los ensayos en laboratorio determinaron la cantera como gravas mal gradadas con arenas limosas (SUCS: GP, GP-GM, SC-SM) según la clasificación de suelos SUCS, de acuerdo las propiedades indicadas en los cuadros 36, 37, 38 y 39, el material es óptimo para ser empleado como agregado según la NTP.

RESULTADOS AGREGADO GRUESO

Cuadro 39 Resultado de ensayos de agregado grueso

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO (AG 3/4")							
ARCILLAS Y TERRONES	CONTENIDO DE CARBON Y LIGNITO	CANTIDAD DE PARTICULAS LIVIANAS	CONTENIDO DE SULFATOS	CONTENIDO DE CLORUROS	REACTIVIDAD	ABRASION DE LOS ANGELES	MODULO DE FINEZA
0.14%	0.47 %	0.40 %	125.00 mg/ltr	166.67 mg/ltr	478.5 milimoles - SiO ₂ /ltr	19.51%	6.88

Nota: Se muestran los resultados de los parámetros físicos, -químicos y mecánicos de la cantera de agregados gruesos (1/2). (Fuente: Ingeomat).



Cuadro 40 Resultado de ensayos de agregado grueso

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO (AG 3/4")								
PESO UNITARIO		PESO ESPECIFICO	CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO VOLUMETRICO DE PARTICULAS FINAS		INALTERABILIDAD / DURABILIDAD	INDICE DE ESPESOR	RESISTENCIA MECANICA
SUELTO	COMPACTO			SUELTO	COMPACTO			
1564.23 kg/cm ³	1602.52 kg/cm ³	2.18 gr/cm ³	2.81%	14835.20 kg/cm ³	15694.46 kg/cm ³	4.63%	8.74	<50%

Nota: Se muestran los resultados de los parámetros físicos, -químicos y mecánicos de la cantera de agregados gruesos (2/2). (Fuente: Ingeomat).

RESULTADOS AGREGADO FINO

Cuadro 41 Resultado de ensayos de agregado fino.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)						
ARCILLAS Y TERRONES	PASANTE TAMIZ N°200	CANTIDAD DE PARTICULAS LIVIANAS	CONTENIDO DE SULFATOS	CONTENIDO DE CLORUROS	REACTIVIDAD	MODULO DE FINEZA
0.85%	3.92 %	0.39 %	106.67 mg/ltr	241.67 mg/ltr	660.0 milimoles - SiO ₂ /ltr	2.84

Nota: Se muestran los resultados de los parámetros físicos, -químicos y mecánicos de la cantera de agregados gruesos (1/2). (Elaboración Ingeomat).

Cuadro 42 Resultado de ensayos de agregado fino.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)								
PESO UNITARIO		PESO ESPECIFICO	CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO VOLUMETRICO DE PARTICULAS FINAS		INALTERABILIDAD / DURABILIDAD	IMPUREZAS ORGANICAS	REACCION ALCALI AGREGADO
SUELTO	COMPACTO			SECO SUELTO	SECO COMPACTO			
1529.77 kg/cm ³	1541.81 kg/cm ³	2.12 gr/cm ³	3.93%	14872.82 kg/cm ³	16254.70 kg/cm ³	4.72%	NEUTRA	0.20 %

Nota: Se muestran los resultados de los parámetros físicos, -químicos y mecánicos de la cantera de agregados gruesos (2/2). (Elaboración Ingeomat).

8.4. CANTERAS DE SUELOS

La cantera que proveerá suelos para el presente proyecto corresponde a materiales cuaternarios recientes, provenientes de depósitos aluviales, glaciofluviales y depósitos morrenicos, parcialmente intemperizado, específicamente materiales como arcillas y limos.

8.4.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

Esta cantera está ubicada al Suroeste del eje de presa distanciada a 400 m de la misma.

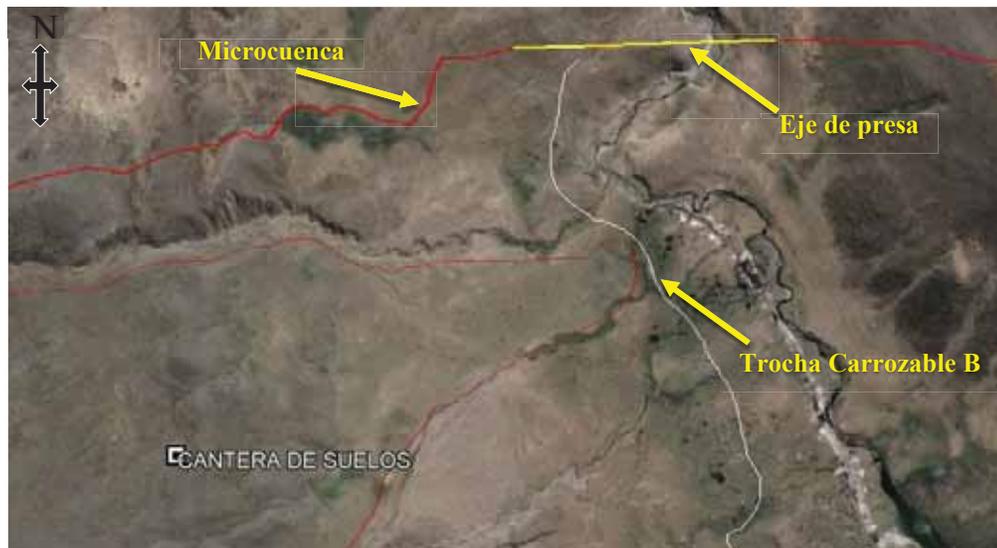
Tabla 43 Ubicación de la cantera de suelo.

COORDENADAS UTM		CANTERA DE SUELOS			
		ALTITUD	AREA	PERIMETRO	ESPEJOR PROMEDIO
193058.55	8381805.54	4350 m.s.n.m.	0.65 Km ²	3 639 m	3 m

Nota: Ubicación y dimensiones de la cantera de suelos. (Elaboración propia)

Para acceder a la cantera se deberá crear un nuevo acceso de 1 kilómetro denominado Trocha carrozable B, por medio del cual recorrer 400 metros, para llegar al pie de la cantera como se observa en las siguientes figuras.

Figura 101 Ubicación de la cantera de suelo.



Nota: Se muestra la extensión de la cantera de agregados, delimitada por una línea de color rojo, y la línea amarilla indica el eje de presa Querquecocha. (Adaptado de Google earth).



8.4.2. CALIDAD Y CANTIDAD.

La cantera presenta un potencial útil de 3 m, volumen útil de 400 000 m³ con un rendimiento al 80%, el material de esta cantera se sitúa al suroeste de la laguna Querquecocha. La litología de estos suelos lo conforman arcillas y limos de plasticidad media, color marrón oscuro y de baja permeabilidad (semi - impermeable).

La calidad del material es óptima debido a que cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la NTP.

8.4.3. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACION.

La explotación se deberá de realizar en periodos de estiaje debido a la baja meteorización del material, para lo cual se empleará la siguiente maquinaria: tractor oruga y cargador frontal para cargar el material en los volquetes, será crucial evitar el contacto con los estratos aledaños el cual corresponde a materiales gruesos como gravas y arenas. El material extraído y tratado se usará para el núcleo de la presa y el dentellón.

8.4.4. SITUACION LEGAL.

La cantera no pertenece a ningún derecho minero, se identificaron un total de 900 hectáreas de materiales explotables

8.4.5. PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS Y MECANICAS

Los ensayos en laboratorio determinaron la cantera como arcillas limosas de mediana plasticidad (CL, CL-ML) según la clasificación de suelos SUCS, de acuerdo las propiedades indicadas el material es óptimo para ser empleado como agregado según la NTP.



Cuadro 43 Resultado de parámetros para la cantera de suelo.

Material	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO	DMS (gr/cm ³)	COA (%)	Wnat%
PROPIO	0.00%	11.16%	88.84%	18.58%	14.19%	4.39%	CL-ML	A-4 (0)	1.92	11.38%	7.34%

Nota: Se muestra los resultados de los parámetros físicos, químicos y mecánicos de la cantera de suelo. (Elaboración propia)

8.5. FUENTES DE AGUA PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

El agua para el proyecto será extraída de la quebrada Querque por localizase cercana al proyecto, de acuerdo a los resultados obtenidos de las 02 muestras de agua, las propiedades Físico Químicas del agua son óptimas para el proceso constructivo, además por cumplir con la disponibilidad del volumen requerido.

8.5.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La fuente de agua está ubicada al sur del eje de presa dentro de la microcuenca Querquecocha distanciada a 900 m de la misma.

Tabla 44 Ubicación de la fuente de agua.

COORDENADAS UTM		ALTITUD
194258.20	8381607.52	4390 m.s.n.m.

Nota: Ubicación y dimensiones de la fuente de agua. (Elaboración propia).

Para acceder a la fuente de agua se deberá crear un nuevo acceso de 1 kilómetro denominado Trocha carrozable B, por medio del cual se podrá llegar al pie de la laguna Querquecocha como se observa en la siguiente figura.

Figura 102 Ubicación de la fuente de agua.



Nota: Se muestra la ubicación y acceso de la fuente de agua, el eje de presa con la línea de color amarillo, la laguna Querquecocha en la parte inferior de la imagen. (Adaptado de Google earth).

Fotografía 21 y Fotografía 22 Localización de fuentes de agua.



Nota: Ubicación y muestreo de fuentes de agua y afluentes.

8.5.2. CALIDAD Y CANTIDAD.

La fuente de agua presenta el volumen adecuado para el presente proyecto. La calidad de la fuente de agua es óptima debido a que cumplen con los requerimientos establecidos por la NTP.



8.5.3. PERIODO Y MODO DE EXTRACCION.

El agua será extraída mediante bombeo y transportada en volquetes al eje de presa, en el volumen requerido de acuerdo al avance de obra.

8.5.4. SITUACION LEGAL.

La cantera no pertenece a ningún derecho minero, se identificaron un total de 900 hectáreas de materiales explotables.

8.5.5. PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS Y MECANICAS

Se realizó un análisis fisicoquímico de agua, de acuerdo a los resultados obtenidos de laboratorio se concluye que el agua es óptima para su uso en el proceso constructivo de la presa según la NTP, como se observa en el cuadro 41 y 42 adjunto.

Cuadro 44 Resultado de parámetros de fuente de agua.

MUESTRA	FUENTE	UBICACIÓN	USO	PH	CLORUROS	SALES SOLUBLES
1	AGUA POTABLE	NR	ELABORACION DE CONCRETO	7.25	280 ppm	120.00 ppm
2	AGUA POTABLE	NR	ELABORACION DE CONCRETO	7.15	275 ppm	110 ppm

Nota: Resumen de resultados de los ensayos realizados a las fuentes de agua. (1/2) (Elaboración propia).

Cuadro 45 Resultado de parámetros de fuente de agua

MUESTRA	FUENTE	UBICACIÓN	USO	SALES DE MAGNESIO	CONTENIDO DE SULFATOS	MATERIA ORGANICA	SOLIDOS SUSPENDIDOS
1	AGUA POTABLE	NR	ELABORACION DE CONCRETO	130 ppm	178.92 ppm	8.23 ppm	219.00 ppm
2	AGUA POTABLE	NR	ELABORACION DE CONCRETO	110 ppm	175.22 ppm	7.22 ppm	215.00 ppm

Nota: Resumen de resultados de los ensayos realizados a las fuentes de agua. (2/2) (Elaboración propia).



Fotografía 29 Ensayos a la fuente de agua.



**Nota: Realización de los ensayos de fuentes de agua para la elaboración de concreto.
(Elaboración propia)**



9. CAPITULO IX – ESTANQUEIDAD Y SEGURIDAD DE LAS PRESAS

9.1. GENERALIDADES

La cimentación de presa ofrece un factor de seguridad de 4.46 frente a fenómenos de tubificación, siendo el factor de seguridad mayor de 4, con lo que garantiza la estabilidad de la presa frente a fenómenos de tubificación, la evaluación de estabilidad de taludes del cuerpo de la presa, se tiene un factor de seguridad en rocas y suelos de 3.679 y 1.321 respectivamente, con lo que se garantiza la estabilidad del cuerpo de la presa ante un fenómeno de vuelco y se garantiza la seguridad estructural de la presa por la profundidad de fundación a la que se encuentra que corresponde a 3.00 metros cuya forma es rectangular plana y el dentellón a 10 metros, además se garantiza la conservación de la estructura frente a máximas avenidas ya que la recarga de la presa se da por trasvase de cuencas, esta recarga de agua está regulada, con lo cual no se presentarían estos fenómenos y mucho menos daños. Mediante una caracterización geotécnica del vaso no presenta filtraciones considerables ya que el nivel freático no supera los 3 m de profundidad, la geología estructural no presenta fallas o fracturas que muestren una permeabilidad del vaso de presa.

9.2. SEGURIDAD DE LA PRESA

9.2.1. EVALUACION DE ESTABILIDAD DEL CUERPO DE PRESA

La estabilidad del cuerpo de presa se determinó mediante el software Slide 6.1, con base en el método de Spencer el cual es válido para cualquier tipo de curva de rotura, además satisface todas las condiciones de equilibrio.



9.2.1.1. EVALUACION DE LA PRESA ANTES DE LA OPERACION

Al realizar la evaluación estática, se refiere a la estabilidad del cuerpo de la presa de acuerdo al tipo y propiedades (cohesión, ángulo de fricción y peso unitario) de material que esta lleva, en condiciones estables o sin actividad sísmica, para garantizar la estabilidad de la presa el factor de seguridad mínimo requerido que debe cumplir es de 1.50 según Spencer. (Sencia Gutierrez & Gonzales Moreno, 2019)

Los resultados obtenidos los siguientes:

Fotografía 30 Parametros mecánicos de los materiales que compondrán el eje de la presa

COMPONENTES	PESO		COHESION		ANGULO DE FRICCION (°)	PERMEABILIDAD (m/s)
	ESPECIFICO g/c m3	KN/m3	kg/cm2	KN/m2		
ENROCADO CON GRAVA	2.22	21.78	0.00	0.00	45	7*e-1
FILTRO	1.90	18.64	0.00	0.00	32	1*e-3
NUCLEO	1.80	17.66	0.10	0.98	8	1*e-10
SUELO DE FUNDACION	2.25	22.06	0.00	0.00	39	2.74*e-6
RELLENO DE INGENIERIA	2.53	24.82	0.32	3.14	25	1*e-3
CONCRETO HIDRAULICO	2.60	25.51	0	0	0	3.7*e-4
ROCA GRANODIORITA	2.65	26.00	0.39	3.90	28.40	1.06*e-12

Nota: Los resultados obtenidos fueron determinados en laboratorio.

(Elaboración propia)



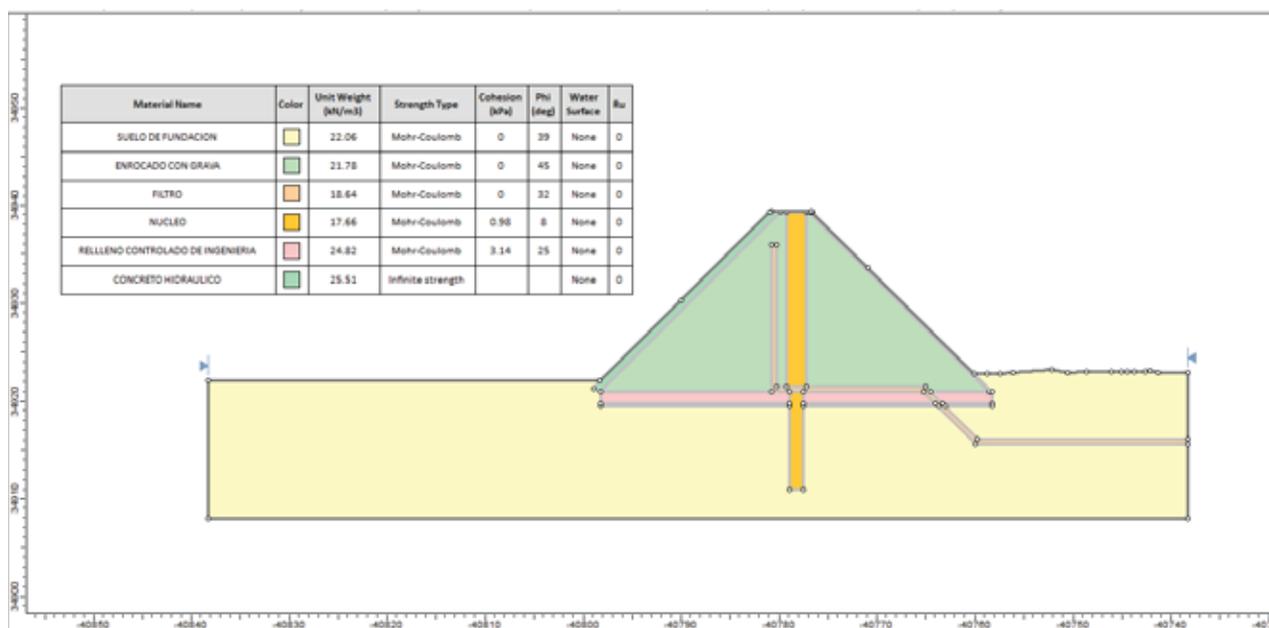
Figura 103 Valores característicos de permeabilidad en suelos.

Suelo	Descripción	Clasificación USCS	Permeabilidad (m/s)
Gravas	Bien gradadas	GW	10^{-3} a 10^{-1}
	Bien seleccionadas	GP	10^{-2} a 10^{-1}
	Limosas	GM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	GC	10^{-8} a 10^{-6}
Arenas	Bien gradadas	SW	10^{-5} a 10^{-3}
	Bien seleccionadas	SP	10^{-4} a 10^{-2}
	Limosas	SM	10^{-7} a 10^{-6}
	Arcillosas	SC	10^{-8} a 10^{-6}
Limos	Baja plasticidad	ML	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	MH	10^{-9} a 10^{-7}
Arcillas	Baja plasticidad	CL	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	CH	10^{-10} a 10^{-8}

Nota: Se permeabilidades para distintos tipos de materiales.

(Fuente: Sowers, 1978)

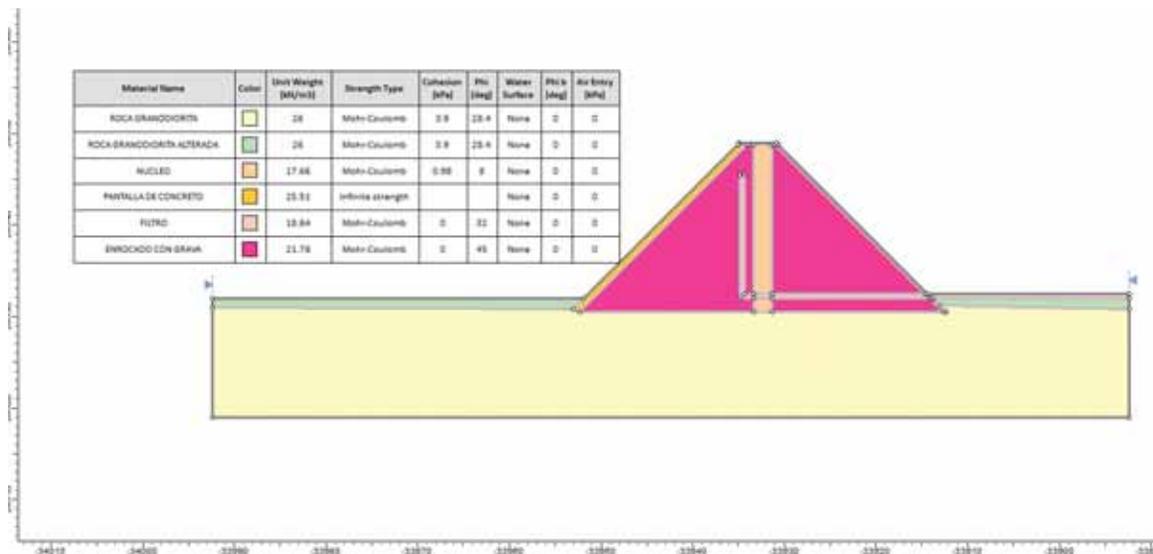
Figura 104 parámetros mecánicos y zonificación de la presa en proyecto – En suelos.



Nota: Permeabilidades para distintos tipos de materiales.

(Fuente: PROPIA)

Figura 105 parámetros mecánicos y zonificación de la presa en proyecto – En rocas.

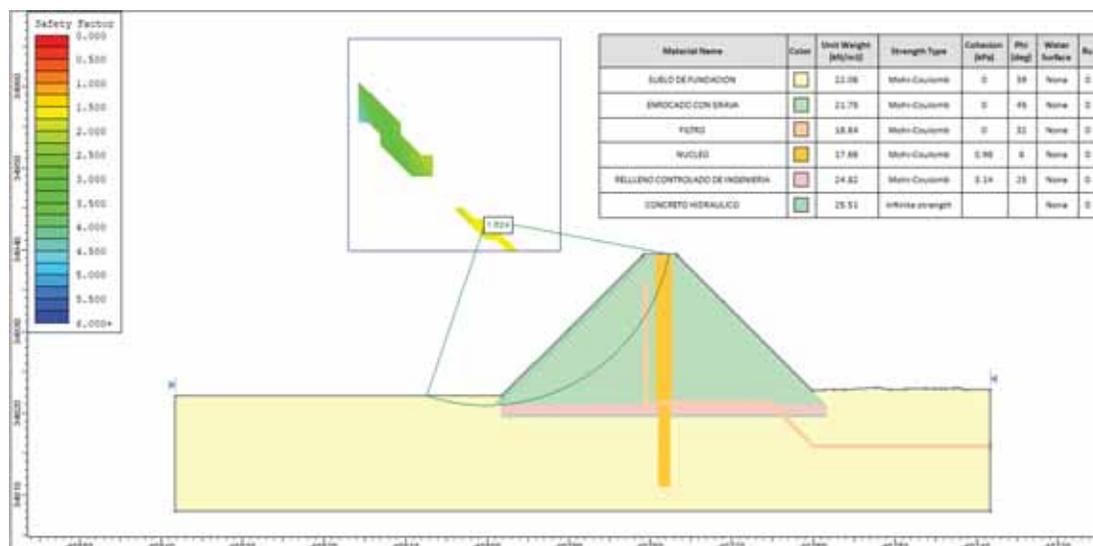


Nota: Permeabilidades para distintos tipos de materiales.

(Fuente: PROPIA)

En el presente caso se considerará los métodos de Spencer y Bishop simplificado. Para determinar el factor de seguridad aguas arriba y aguas abajo. En suelos y rocas.

Figura 106 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.

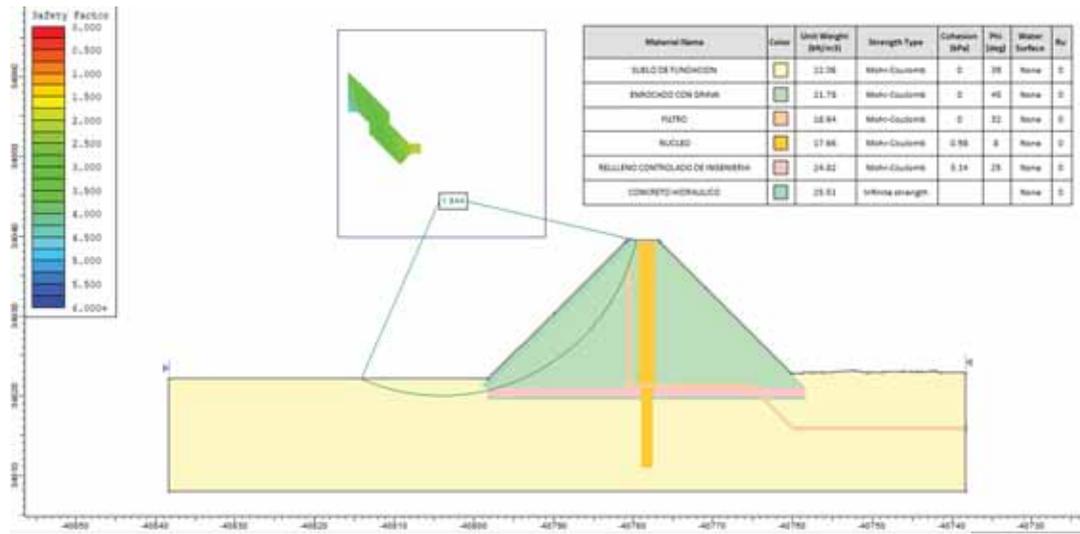


Nota: Se obtiene un valor de 1.624 en etapa antes de operación de la presa, cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)



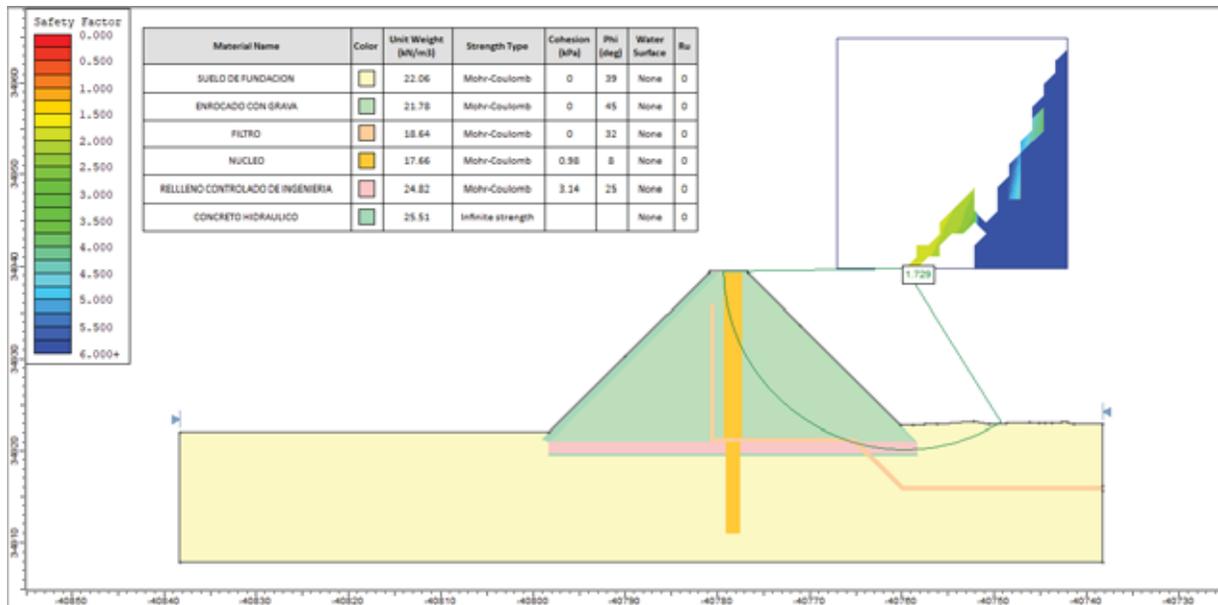
Figura 107 Condiciones estáticas de la presa, método Spencer. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 1.844 en etapa antes de operación de la presa, cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)

Figura 108 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.

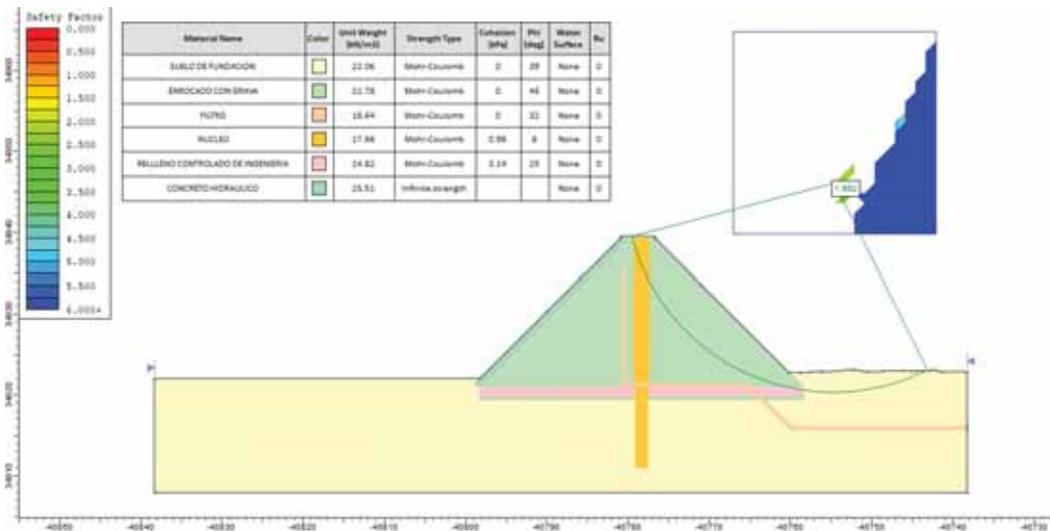


Nota: Se obtiene un valor de 1.729 en etapa antes de operación de la presa, cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)



Figura 109 Condiciones estáticas de la presa, método Spencer. Aguas abajo.



Nota: Se obtiene un valor de 1.992 en etapa antes de operación de la presa, cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)

Figura 110 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes en condiciones estáticas, en suelos.

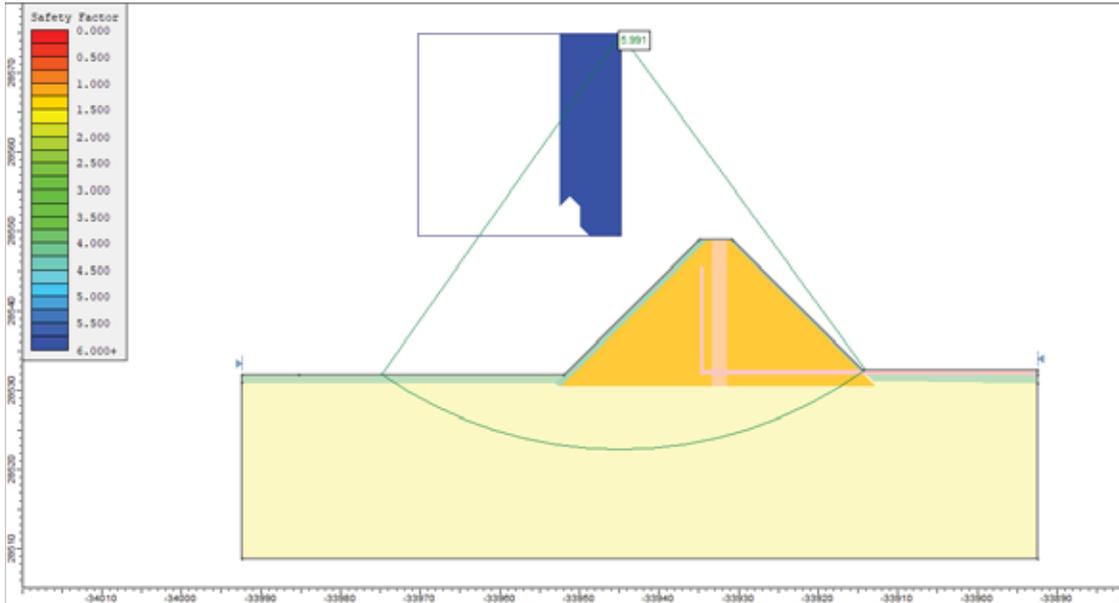
UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE EVALUACION	FACTOR DE SEGURIDAD
	BISHOP SIMPLIFICADO	1.624
AGUAS ARRIBA	SPENCER	1.844
	BISHOP SIMPLIFICADO	1.729
AGUAS ABAJO	SPENCER	1.992

Nota: Se observa los resultados de estabilidad, bajo los métodos de Bishop simplificada y Spencer.

(Fuente: Propia)



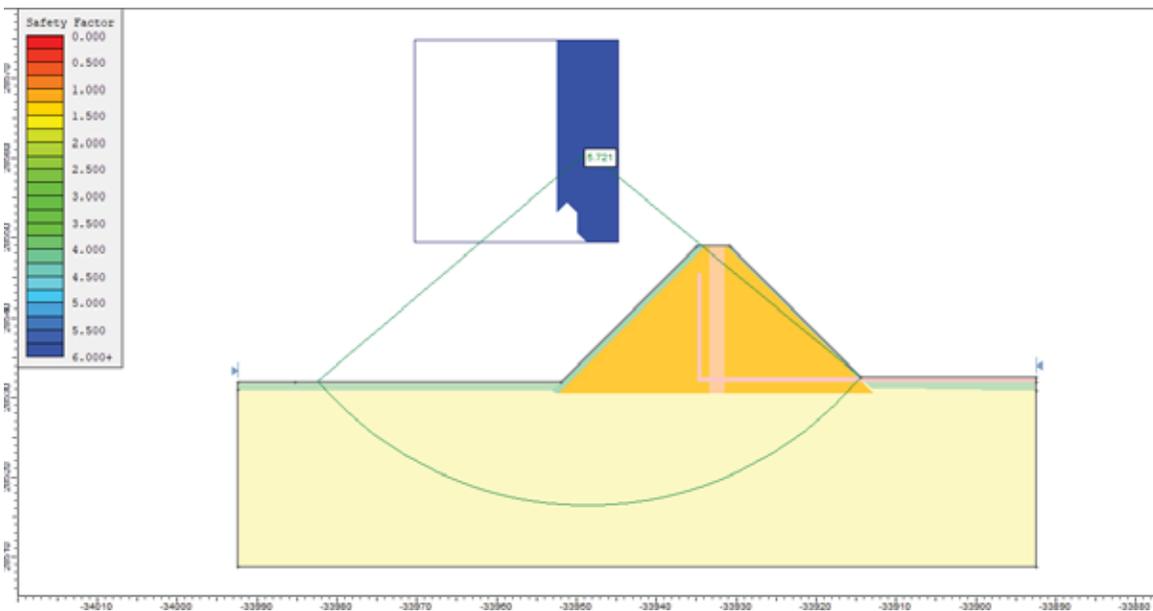
Figura 111 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 5.991 en etapa antes de operación de la presa, cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

Figura 112 Condiciones estáticas de la presa, método Spencer. Aguas arriba.

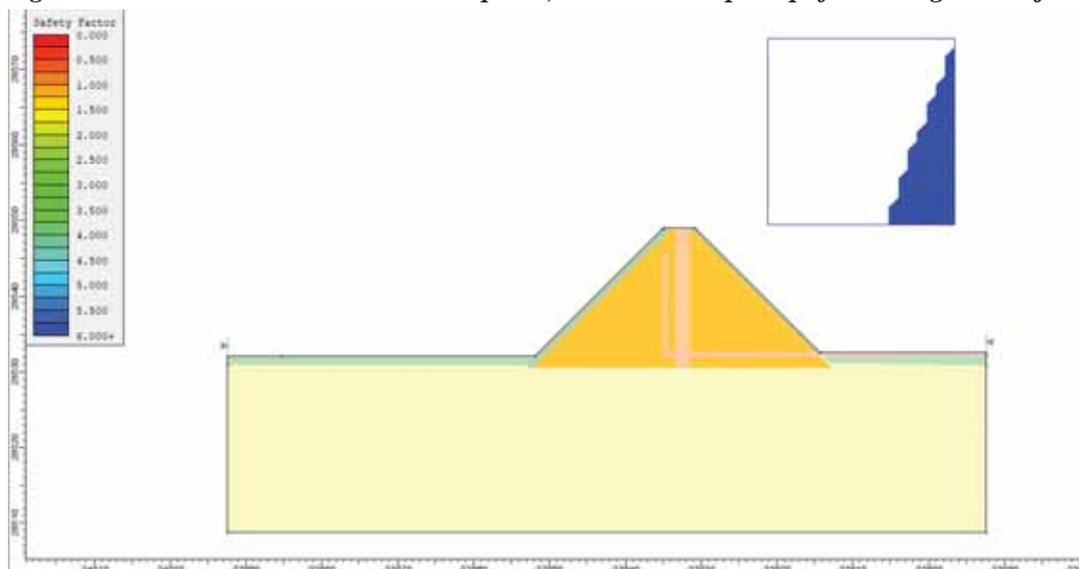


Nota: Se obtiene un valor de 5.721 en etapa antes de operación de la presa, cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)



Figura 113 Condiciones estáticas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.



Nota: Se registra una alta rigidez. Por ende, la falla se dará en una sola dirección como muestra aguas arriba, cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

Figura 114 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes en condiciones estáticas, en rocas.

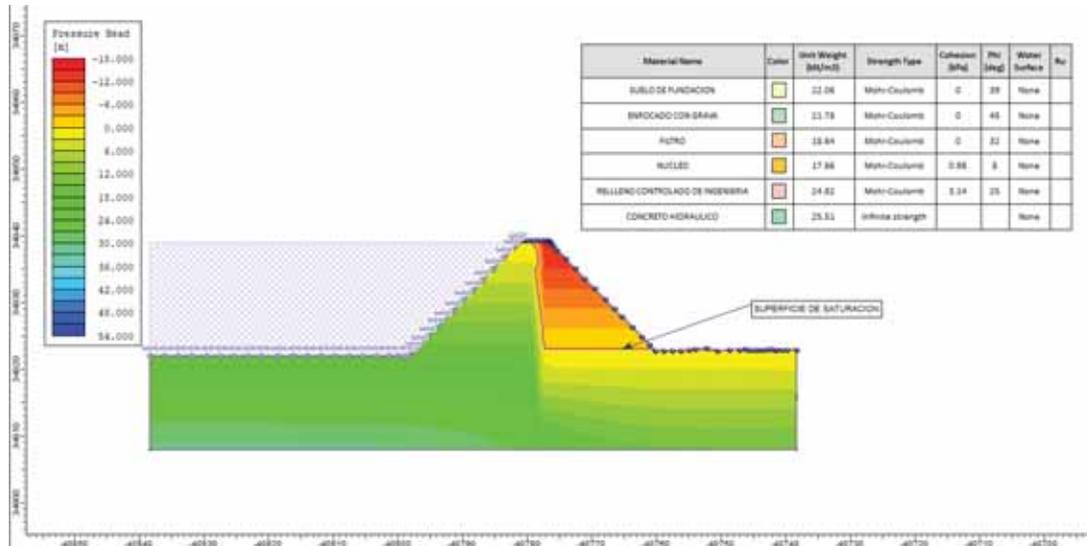
UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE EVALUACION	FACTOR DE SEGURIDAD
	BISHOP SIMPLIFICADO	5.991
AGUAS ARRIBA	SPENCER	5.721
	BISHOP SIMPLIFICADO	NP
AGUAS ABAJO	SPENCER	NP

Nota: Se observa los resultados de estabilidad, bajo los métodos de Bishop simplificado y Spencer.

(Fuente: Propia)

9.2.1.2. DETERMINACION DE LA SUPERFICIE DE SATURACION

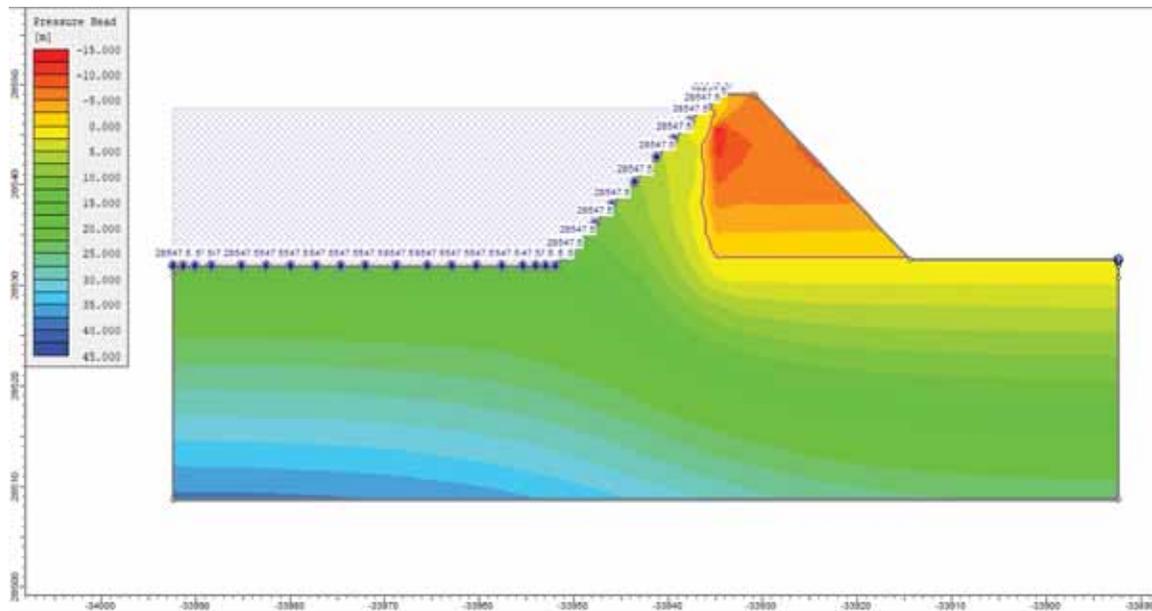
Figura 115 Superficie de saturación de la presa cimentada en suelos.



Nota: Localización de la posible dirección de debilitamiento de la presa en operación.

(Fuente: Propia)

Figura 116 Superficie de saturación de la presa cimentada en rocas.

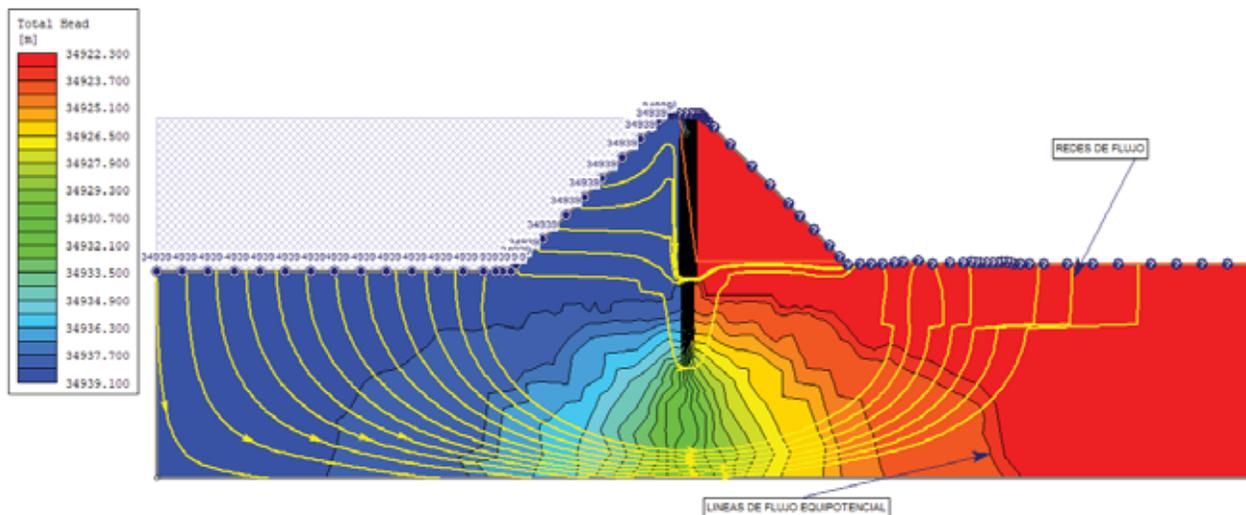


Nota: Localización de la posible dirección de debilitamiento de la presa en operación.

(Fuente: Propia)

9.2.1.3. DETERMINACION DE LAS REDES DE FLUJO

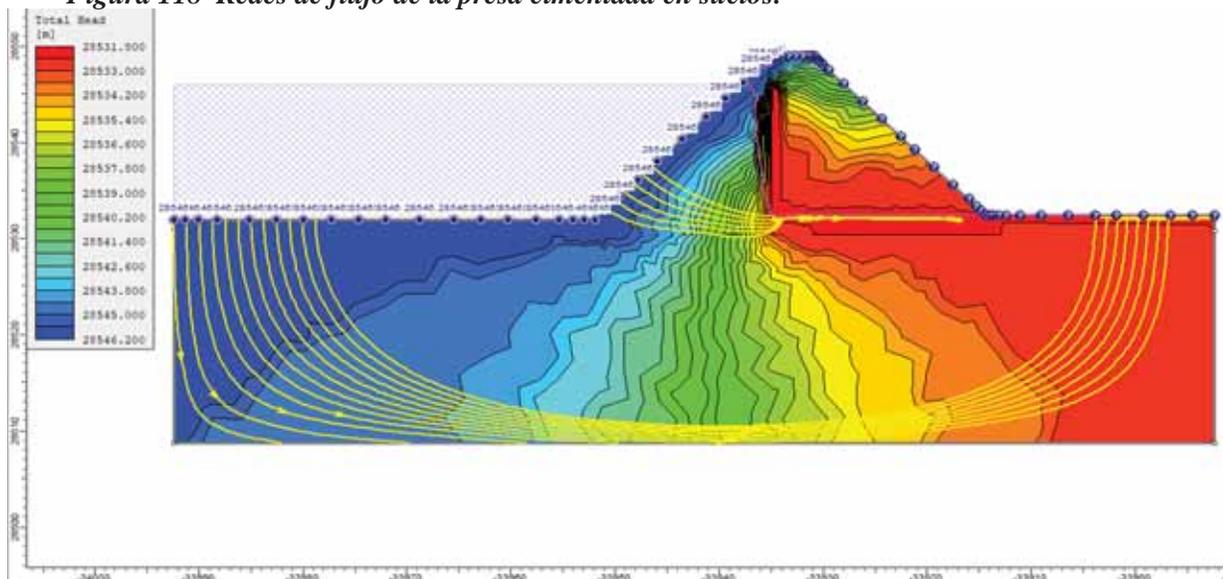
Figura 117 Redes de flujo de la presa cimentada en suelos.



Nota: Localización de la posible dirección de redes de flujo y líneas equipotenciales de la presa en operación.

(Fuente: Propia)

Figura 118 Redes de flujo de la presa cimentada en suelos.



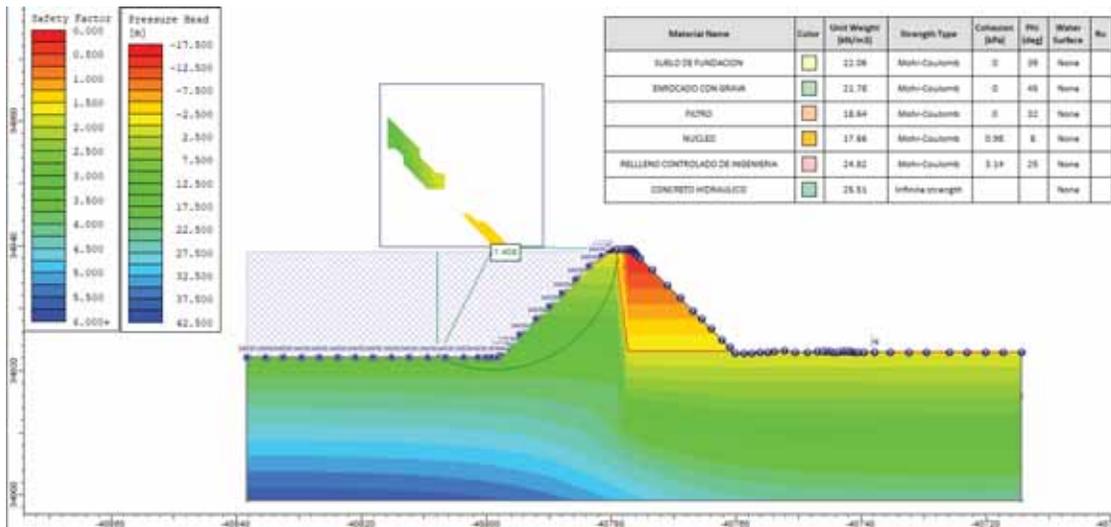
Nota: Localización de la posible dirección de redes de flujo y líneas equipotenciales de la presa en operación.

(Fuente: Propia)

9.2.1.4. EVALUACION DE LA PRESA DURANTE LA OPERACIÓN

SIN SISMO:

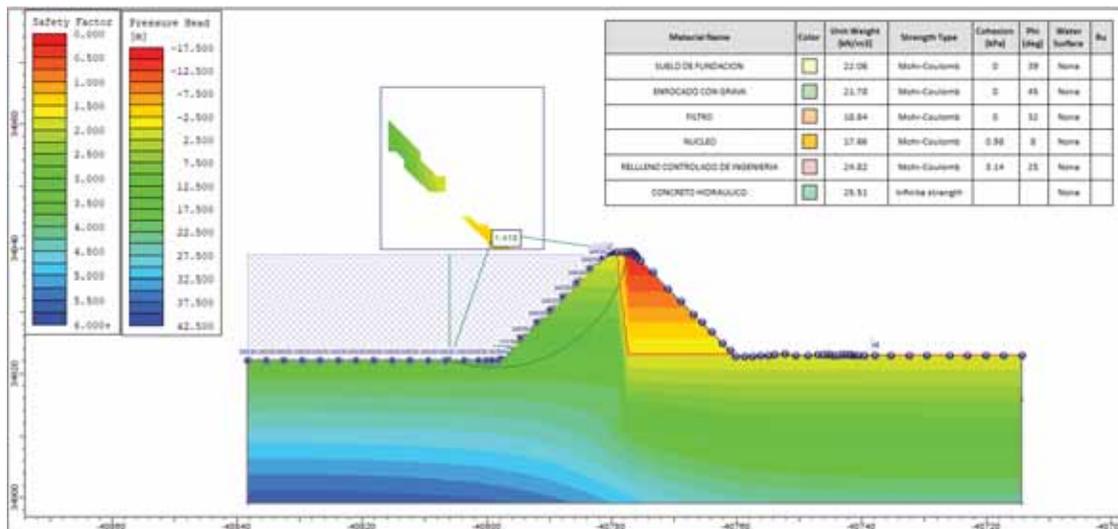
Figura 119 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 1.408 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)

Figura 120 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.

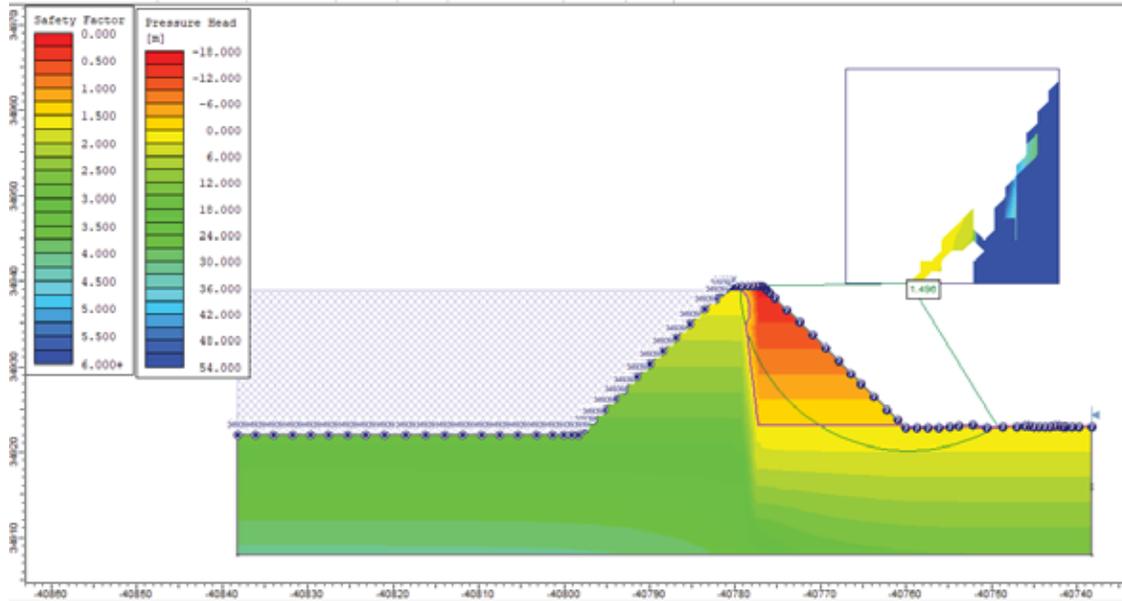


Nota: Se obtiene un valor de 1.418 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)

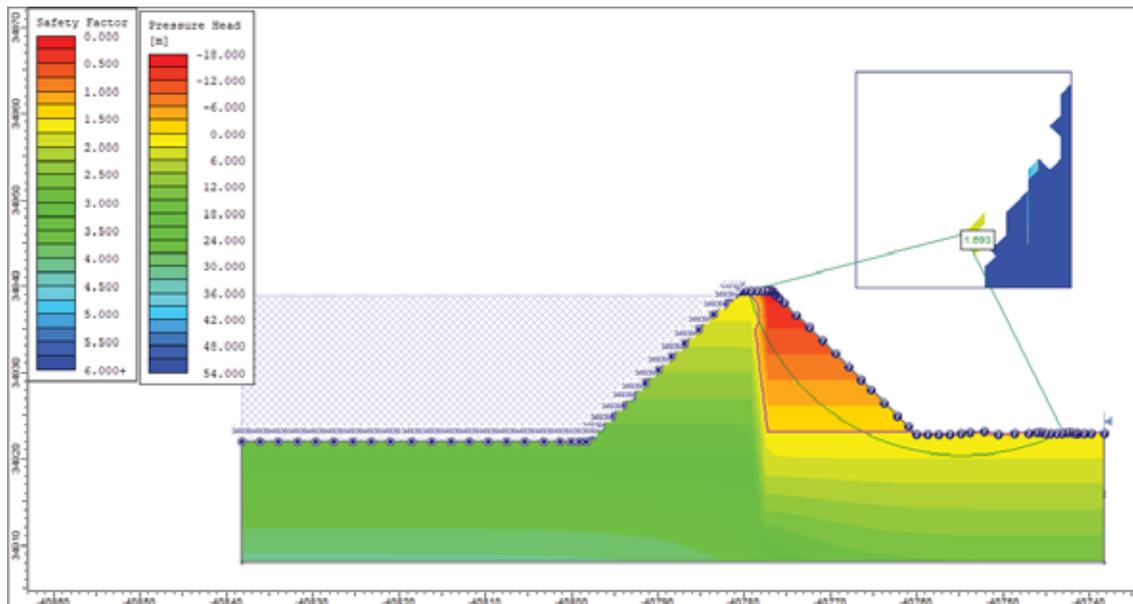


Figura 121 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.



Nota: Se obtiene un valor de 1.496 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos
(Fuente: Propia)

Figura 122 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.



Nota: Se obtiene un valor de 1.693 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos
(Fuente: Propia)



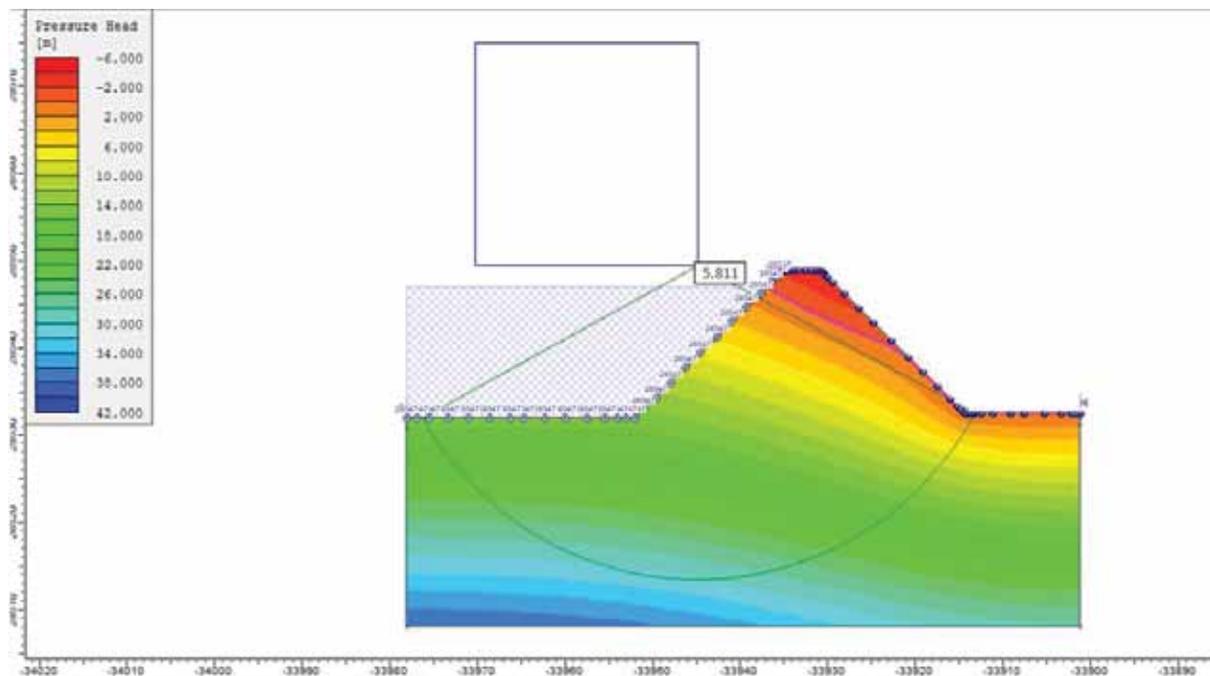
Figura 123 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones dinámicas, en suelos.

UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE EVALUACION	FACTOR DE SEGURIDAD
AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.408
	SPENCER	1.418
AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.496
	SPENCER	1.693

Nota: Se observa los resultados de estabilidad, bajo los métodos de Bishop simplificado y Spencer.

(Fuente: Propia)

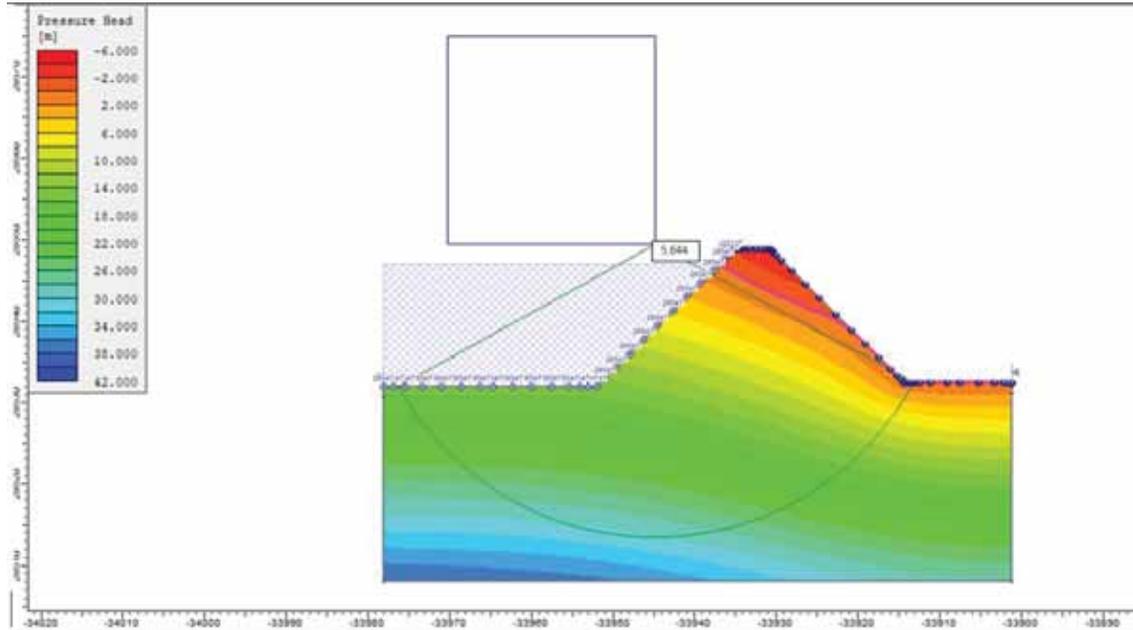
Figura 124 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 5.811 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

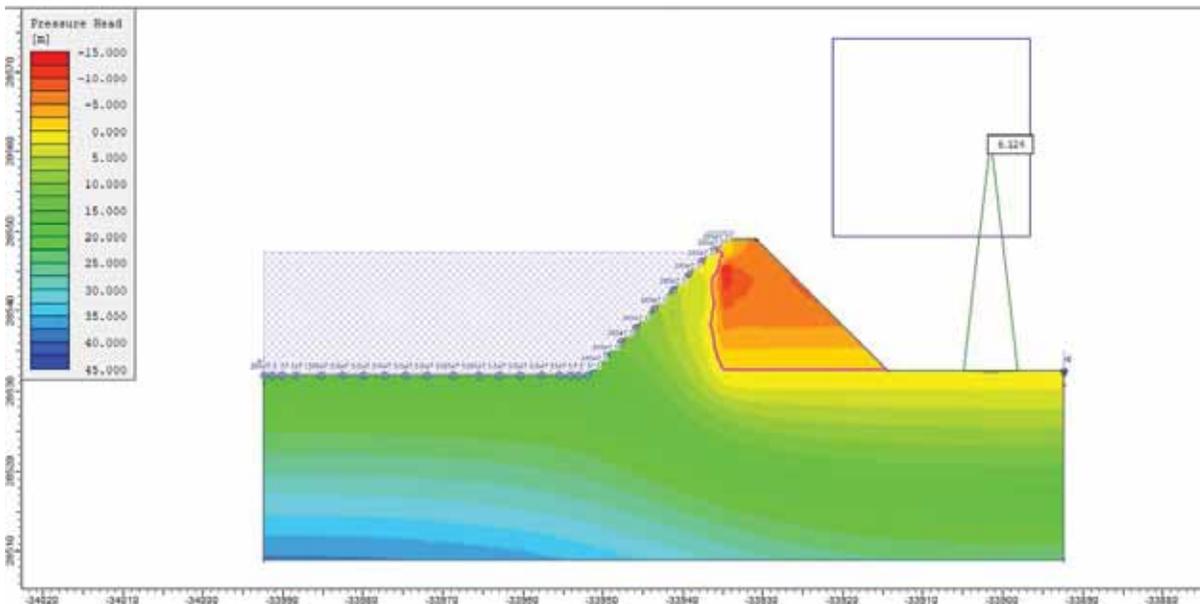
Figura 125 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 5.644 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

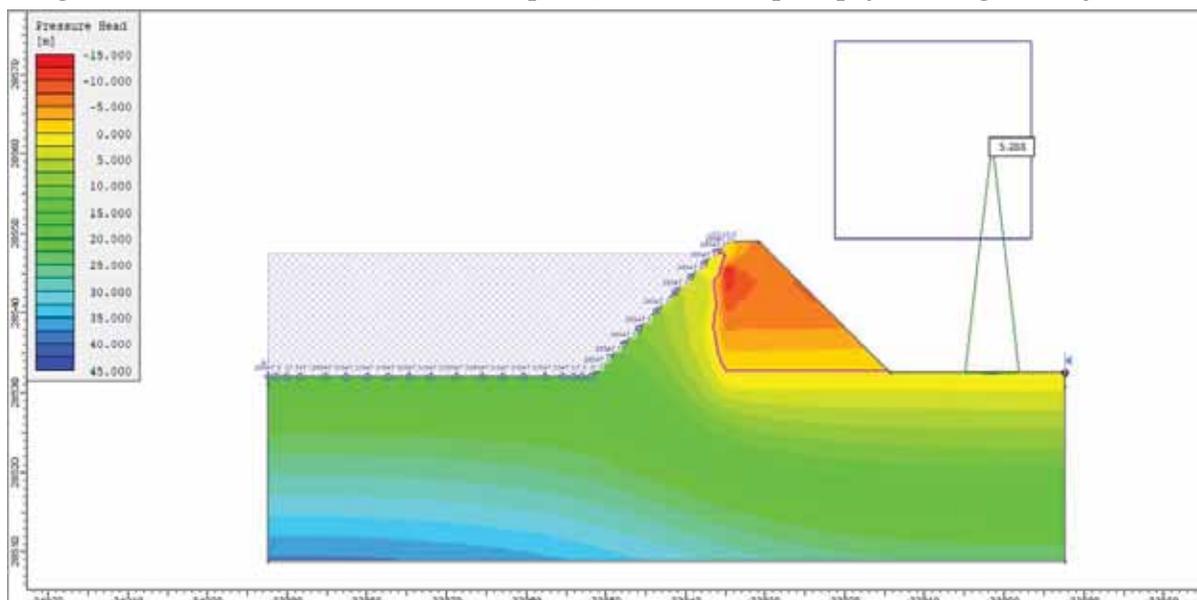
Figura 126 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.



Nota: Se obtiene un valor de 6.124 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

Figura 127 Condiciones dinámicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.



Nota: Se obtiene un valor de 5.288 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

Figura 128 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones dinámicas, en rocas.

UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE EVALUACION	FACTOR DE SEGURIDAD
	BISHOP SIMPLIFICADO	5.811
AGUAS ARRIBA	SPENCER	5.644
	BISHOP SIMPLIFICADO	6.124
AGUAS ABAJO	SPENCER	5.288

Nota: Se observa los resultados de estabilidad, bajo los métodos de Bishop simplificado y Spencer.

(Fuente: Propia)



CON SISMO:

Denominado también pseudo-estático, de la misma forma que en la evaluación estática se toma en consideración el cuerpo de la presa de acuerdo al tipo y propiedades de material que esta lleva, en condiciones con actividad sísmica (0.32 g en la zona), para garantizar la estabilidad de la presa el factor de seguridad mínimo requerido que debe cumplir es de 1.25 según CE020.

Las magnitudes de las fuerzas pseudoestáticas, las cuales actúan sobre el centroide de la masa deslizante, son:

$$F_h = \frac{a_h \cdot W}{g} = k_h * W$$

$$F_v = \frac{a_v \cdot W}{g} = k_v * W$$

FUENTE: Centro peruano japonés de investigación sísmica y mitigación de desastres, 2017

Donde:

F = Fuerza pseudostática.

ah y av= Aceleración sísmica horizontal.

W= Peso de la dovela.

g = Aceleración de la gravedad

kv, kh = Coeficiente Pseudostático.

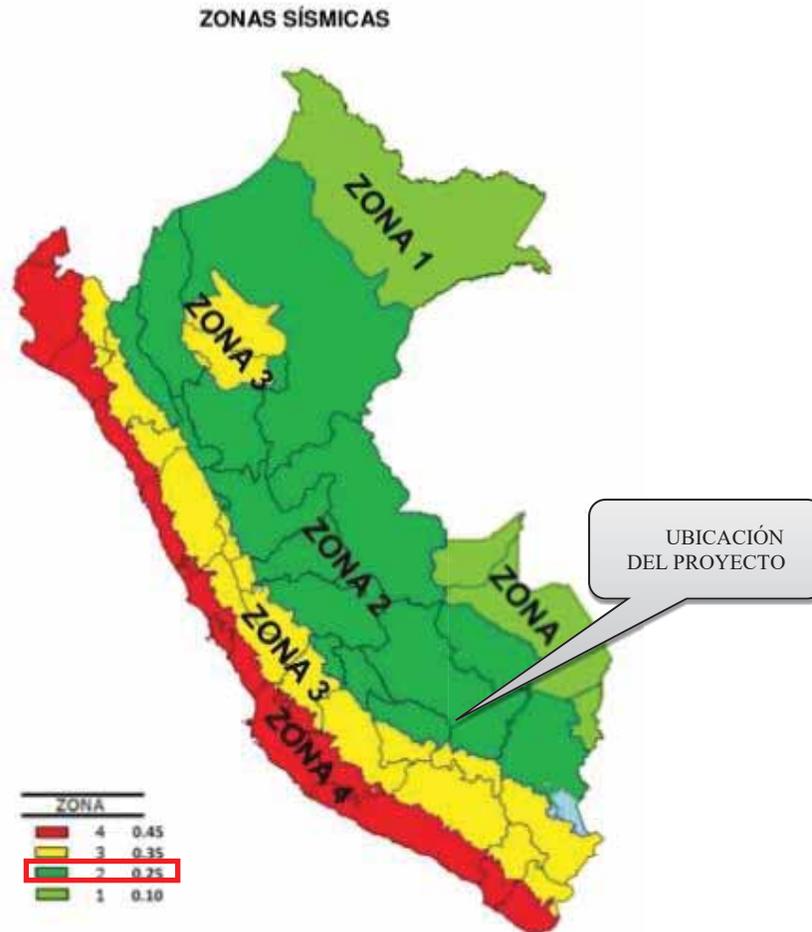
Para la elección del coeficiente pseudoestático, consideraremos las correlaciones de los coeficientes pseudoestático vs las aceleraciones sísmicas:

$$K_h = 0.5 a_{max}$$

$$K_v = 0.25 a_{max}$$

FUENTE: Centro peruano japonés de investigación sísmica y mitigación de desastres, 2017

Nos apoyaremos del mapa de zonificación sísmica de la e030



La aceleración sísmica será: 0.25 (ZONA=2)

De donde:

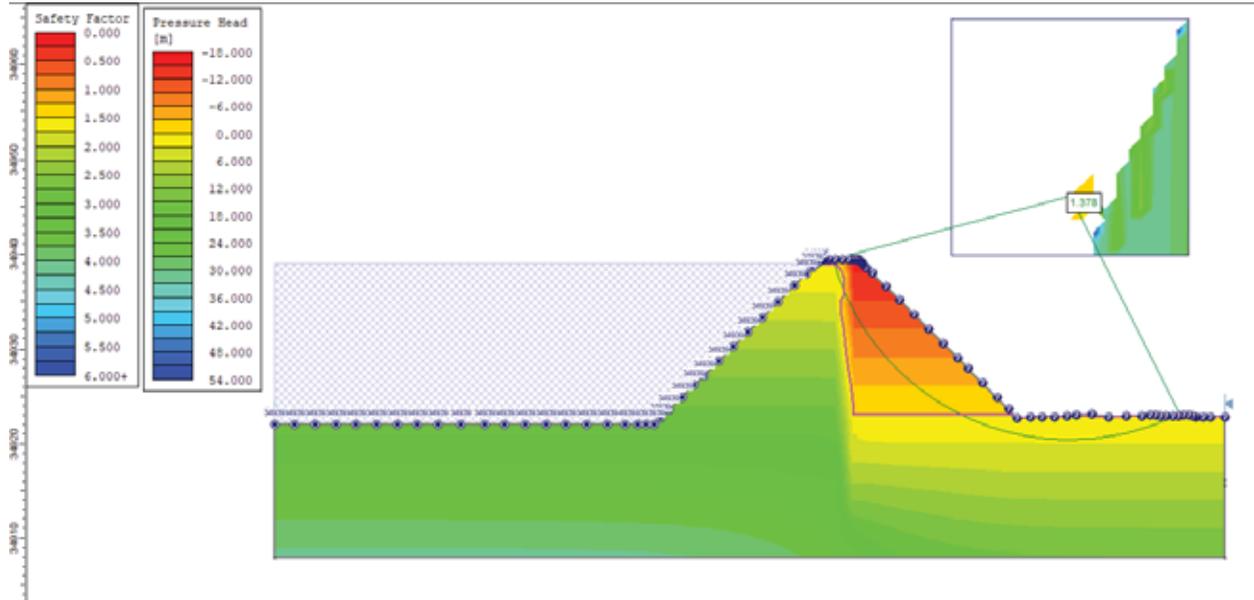
$$K_h = 0.50 * 0.25 = 0.125$$

$$K_v = 0.25 * 0.25 = 0.0625$$

El software slide nos pedirá únicamente este dato de entrada. Ya que la dovela se determina del procesamiento anterior:



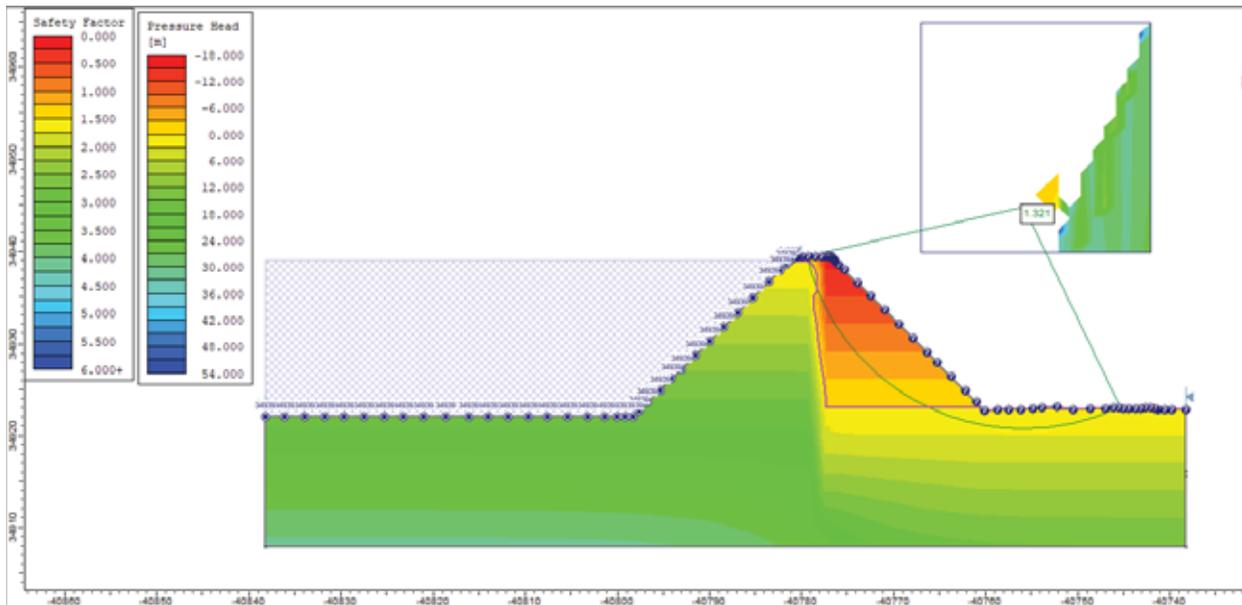
Figura 129 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.



Nota: Se obtiene un valor de 1.378 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)

Figura 130 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.

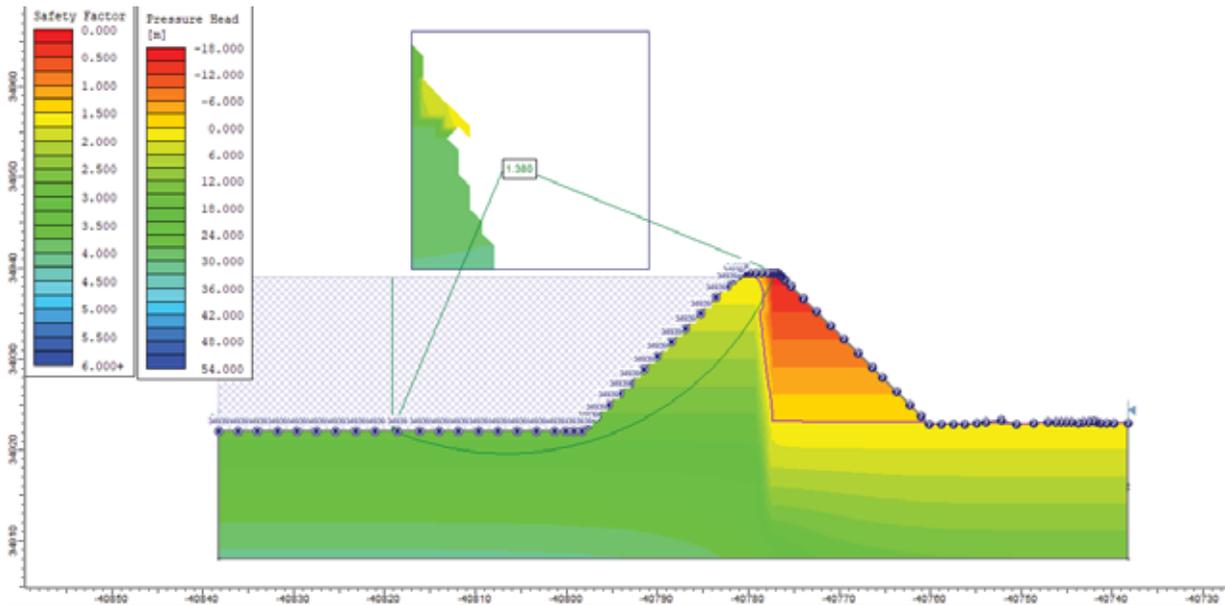


Nota: Se obtiene un valor de 1.321 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)



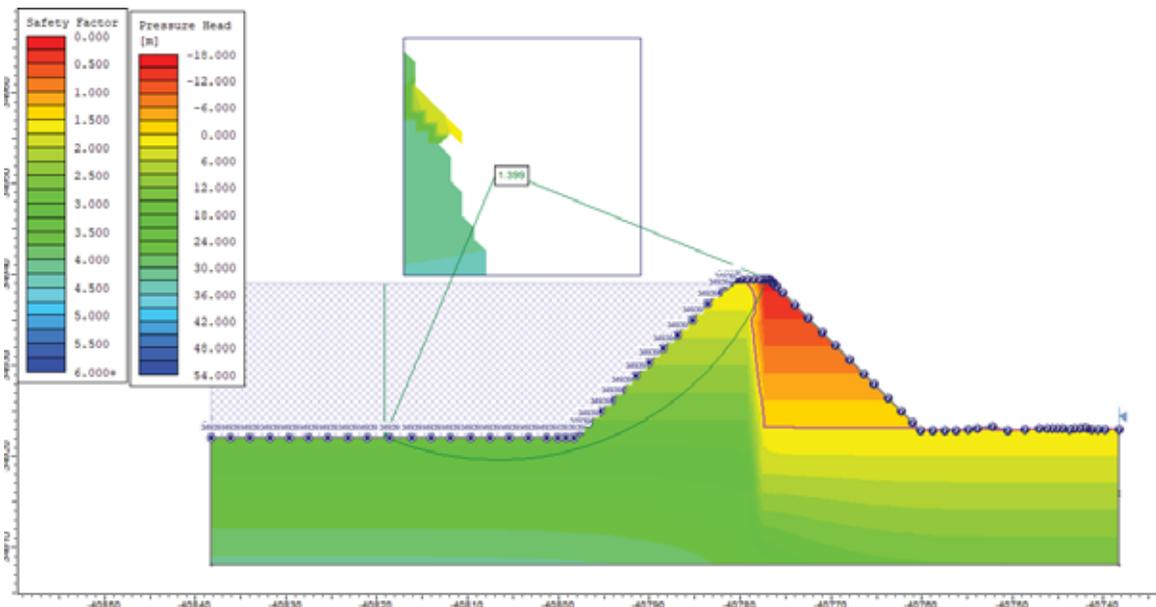
Figura 131 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 1.380 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)

Figura 132 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 1.399 en etapa durante de operación de la presa cimentada en suelos.

(Fuente: Propia)



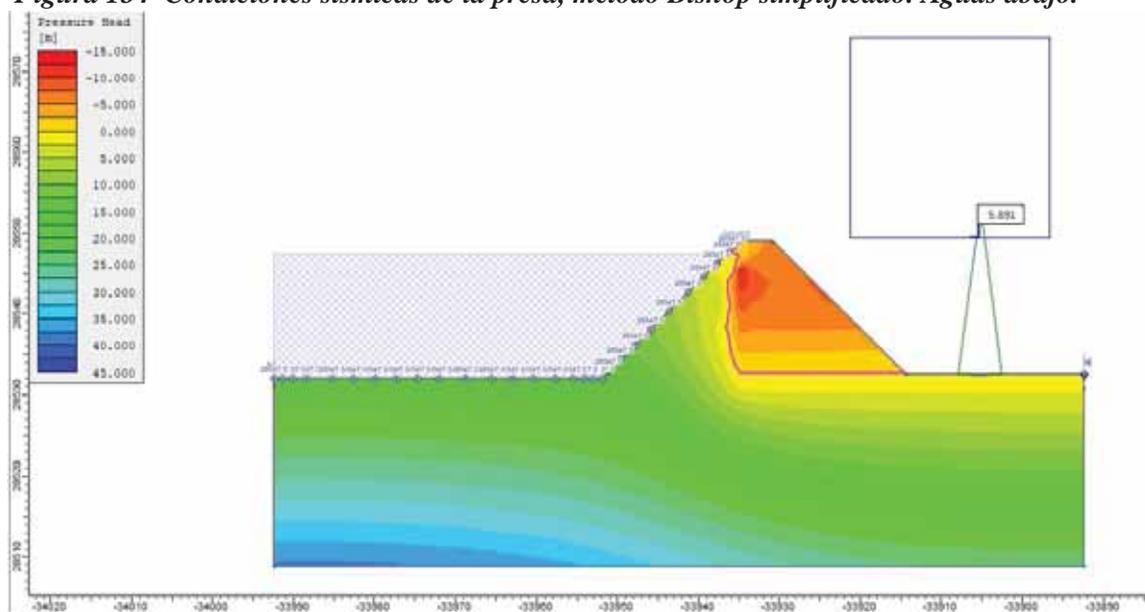
Figura 133 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones sísmicas, en suelos.

UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE EVALUACION	FACTOR DE SEGURIDAD
AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.380
	SPENCER	1.399
AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.378
	SPENCER	1.321

Nota: Se observa los resultados de estabilidad, bajo los métodos de Bishop simplificada y Spencer.

(Fuente: Propia)

Figura 134 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.

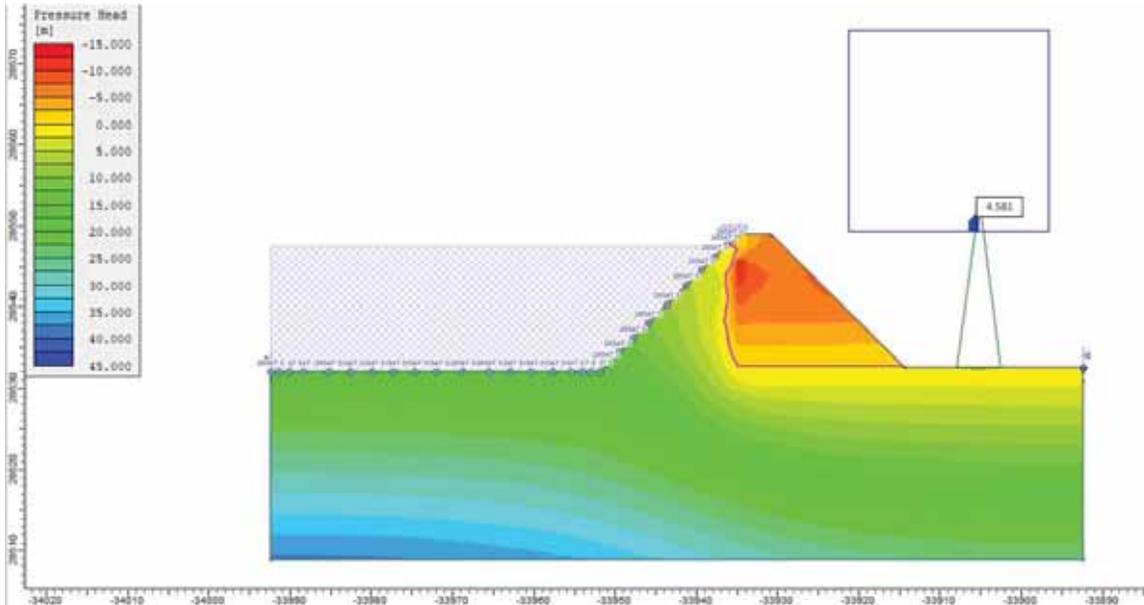


Nota: Se obtiene un valor de 5.891 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)



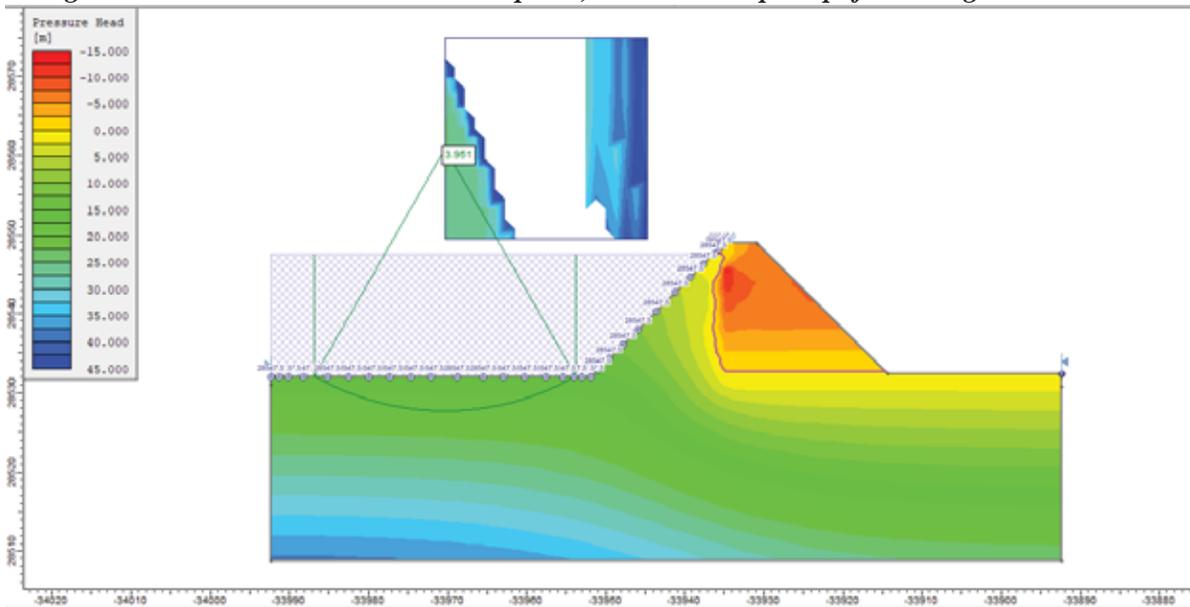
Figura 135 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas abajo.



Nota: Se obtiene un valor de 4.581 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

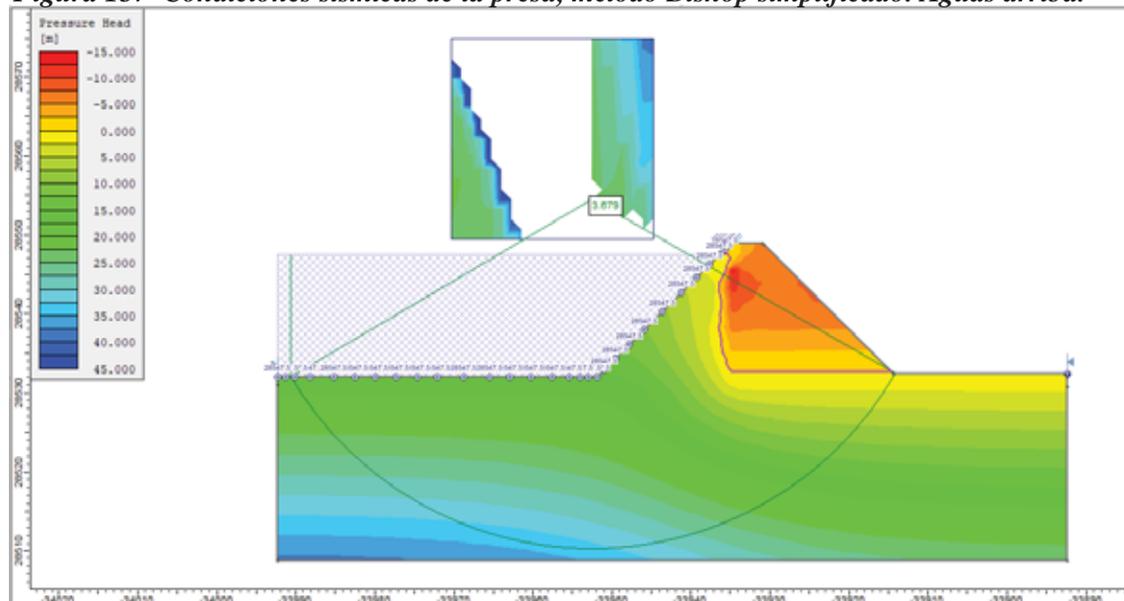
Figura 136 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 3.951 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

Figura 137 Condiciones sísmicas de la presa, método Bishop simplificado. Aguas arriba.



Nota: Se obtiene un valor de 3.679 en etapa durante de operación de la presa cimentada en rocas.

(Fuente: Propia)

Figura 138 Resumen de los resultados de estabilidad de taludes a condiciones sísmicas, en rocas.

UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE EVALUACION	FACTOR DE SEGURIDAD
	BISHOP SIMPLIFICADO	3.951
AGUAS ARRIBA	SPENCER	3.679
	BISHOP SIMPLIFICADO	5.891
AGUAS ABAJO	SPENCER	4.581

Nota: Se observa los resultados de estabilidad, bajo los métodos de Bishop simplificado y Spencer.

(Fuente: Propia)



Figura 139 Resumen general de las condiciones de estabilidad de taludes.

ESTRATO PORTANTE	TIPO DE ANALISIS	UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE ANALISIS	FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDO
SUELOS	ESTATICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.624
			SPENCER	1.844
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.729
			SPENCER	1.992
	DINAMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.408
			SPENCER	1.418
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.496
			SPENCER	1.693
	SISMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.380
			SPENCER	1.399
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.378
			SPENCER	1.321
ROCAS	ESTATICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	5.991
			SPENCER	5.721
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	NP
			SPENCER	NP
	DINAMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	5.811
			SPENCER	5.644
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	6.124
			SPENCER	5.288
	SISMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	3.951
			SPENCER	3.679
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	5.891
			SPENCER	4.581



9.3. SEGURIDAD DEL CUERPO DE LA PRESA

9.3.1. FALLO HIDRAULICO (TUBIFICACION O PIPING)

Para el cálculo de factor de seguridad frente al fenómeno de tubificación se utiliza datos de:

$$F.S. = \frac{\gamma - 1}{i(1 + e)}$$

Donde:

γ = Gravedad específica

i = Gradiente hidráulico del flujo que atraviesa el material.

e = relación de vacíos.

Donde se halla el gradiente hidráulico mediante la siguiente formula.

En el presente caso:

$$\gamma = 2.25 \text{ g/cm}^3$$

$$e = 0.395$$

- En la red de flujo (L) se obtiene:

$$L = 10 \text{ m}$$

- Diferencia de alturas (Δh)

$$\Delta h = \frac{h}{N_1}$$

Donde:

$$h = \text{Cota del NAME} = 4329.58 \text{ msnm}$$

$$N_1 = \text{Cota de la corona} = 4330 \text{ msnm.}$$

$$\Delta h = \frac{h}{N_1} = \frac{4329.58}{4330.00} = 0.99$$



- Gradiente hidráulico (i)

$$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{0.99}{5} = 0.198$$

Finalmente sustituyendo en la formula general, se tiene:

$$F.S. = \frac{\gamma - 1}{0.198 (1 + e)} = \frac{2.25 - 1}{0.198 * (1 + 0.395)} = \frac{1.25}{0.28} = 4.46$$

De acuerdo al manual de introducción a la ingeniería en presas, el factor de seguridad debe ser 4.00 como mínimo. En el presente caso se obtuvo un factor de seguridad 4.46, esto nos indica que la presa presenta seguridad a no sufrir fenómenos por tubificación.

9.4. SEGURIDAD DEL SUELO DE FUNDACION DE LA PRESA

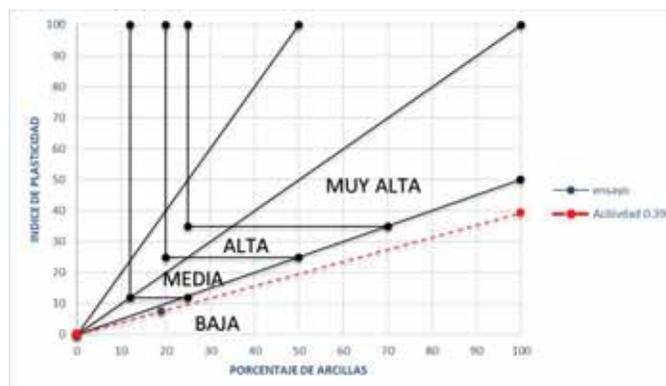
9.4.1. FALLO HIDRAULICO (TUBIFICACION O PIPING)

Para el fallo hidráulico del suelo por tubificación, se debe considerar las siguientes condiciones de cimentación.

SUELOS EXPANSIVOS

A continuación, se detalla en análisis para dicha condición, con respecto al suelo de fundacion

Figura 140 Análisis de suelos expansivos en Cl.



Nota: Del gráfico se puede observar que el suelo de fundación presentara una expansión baja ante fenómenos externos erosivos. Para mayor detalle, ver memoria de cálculo de la determinación de la capacidad portante.



SUELOS COLAPSABLES

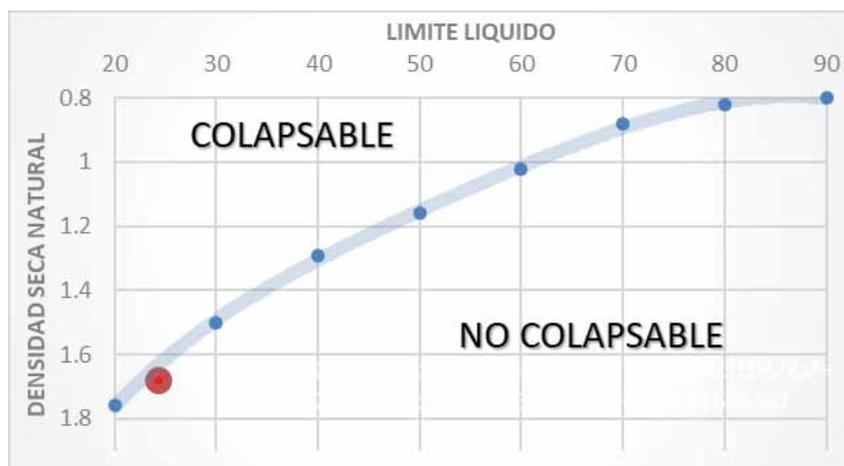
De acuerdo a la normativa E050 de Suelos y Cimentaciones, el ensayo se realiza siempre cuando se evidencie hundimientos o hinchamientos del terreno, para el presente caso no se tiene evidencias de lo señalado, por lo que el terreno en exploración presenta condiciones favorables para la cimentación. Sin embargo, se realizó el descarte de la posibilidad de suelos colapsables, ver memoria de cálculo sección capacidad portante.

Tabla 45 Clasificación del índice de colapso

CLASIFICACION DEL INDICE DE COLAPSO I_c	
GRADO DE	INDICE DE COLAPSO I_c (%)
NINGUNO	0 a 0.09%
LEVE	0.1 a 2.00%
MODERAD	2.1 a 6.00%
MODERA	6.1 a 10.00%
SEVERO	>10.0

Análisis de Colapsabilidad, no se requerirá realizar el ensayo de seed e Idris ya que los resultados obtenidos están por debajo de lo considerado leve.

Figura 141 Determinación del potencial de colapso



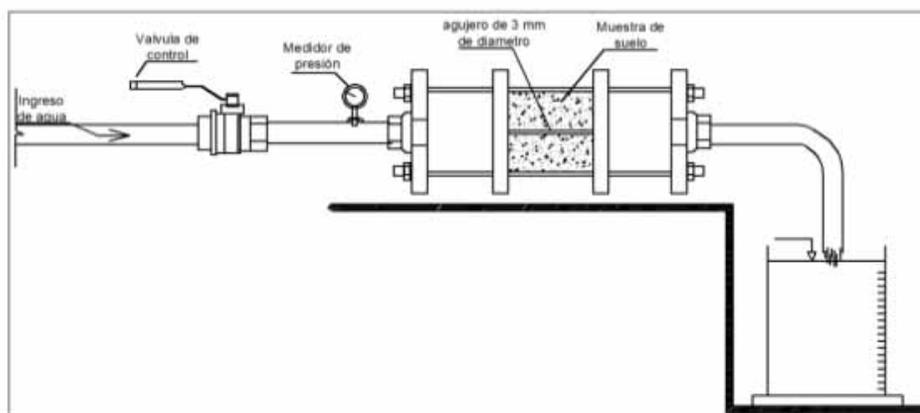
Nota. Se muestran valores de la densidad natural vs el límite líquido para la determinación del potencial de colapso.

De acuerdo por lo expuesto el suelo de fundación no presentara colapso y expansión.

Para el ensayo de tubificación se consideró lo siguiente:

- Preparación de muestras de suelo.
- Compactación.
- Perforación de agujero de tres milímetros a las muestras.
- Ensayos de tubificación.
- Mediciones posteriores del espécimen ensayado.

Figura 142 Ensayo de fenómeno de tubificación “PINHOLE - ASTM D4647 (2006)”.



Nota: Se muestra el esquema del ensayo de simulación del fenómeno de tubificación.

La preparación de las muestras de suelo se llevó a cabo considerando sus propiedades físicas obtenidas de los ensayos de laboratorio acuerdo a los procedimientos establecidos en las normas ASTM (American Society of Testing Materials).

La compactación de las muestras para el ensayo de tubificación se llevó a cabo considerando los resultados de densidad seca máxima y el contenido de humedad optimo obtenidos de los resultados de compactación (ASTM D-1557).

Después de la compactación de cada muestra, se perforó un agujero, con una broca de tres milímetros de diámetro (Obilinovic 1981), y a través del agujero fluyo agua a diferentes cargas

hidráulicas y duraciones variables. En la Figura 38 se aprecia la perforación de tres milímetros de diámetro de la muestra.

Fotografía 31 Ensayo de Proctor.



Nota. Se muestra la ejecución del ensayo de Proctor modificado.

Las cámaras de acero se conectaron aguas arriba y aguas abajo de la muestra, contenida en la celda de Proctor. Las celdas de prueba se colocaron horizontalmente y se conectó a través de mangueras de alta presión para el ingreso de agua, controlado con válvulas, desde el depósito aguas arriba del espécimen.

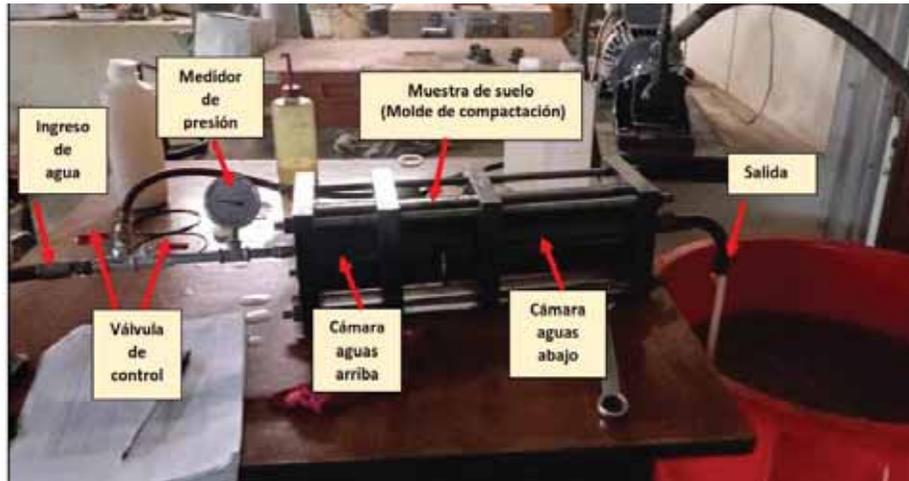
Fotografía 32 Celda para la prueba de tubificación.



Nota: Se muestra el equipo para la realización del ensayo de tubificación.

El suministro de agua se conectó a la cámara aguas arriba y se regulo con válvulas de control y con un medidor de presión (manómetro). A continuación, se detalla el montaje del equipo.

Figura 143 Equipo para la prueba de tubificación.



El ingreso del flujo se realizó de forma gradual durante la prueba, el caudal de ingreso y la presión se registraron en intervalos de 30 segundos.

El tiempo de las pruebas se realizaron en 30 minutos, se tomaron tres medidas del material de arrastre en intervalos de 10 minutos.

El desmontaje del equipo de tubificación se realizó vaciando la celda de prueba aguas abajo. Esta operación se llevó a cabo lentamente y con cuidado para evitar el desmoronamiento de la muestra de suelo.

Se retiraron las varillas roscadas que conectaban las cámaras de acero al molde de compactación.

El agujero de la muestra de suelo al final de la prueba se midió con parafina fundida para obtener una plantilla de agujero. A continuación, se detalla el aspecto final y la plantilla del orificio con parafina de una de las muestras.

Fotografía 33 Aspecto final del orificio formado de una prueba (derecha) y plantilla de orificio de parafina (izquierda).

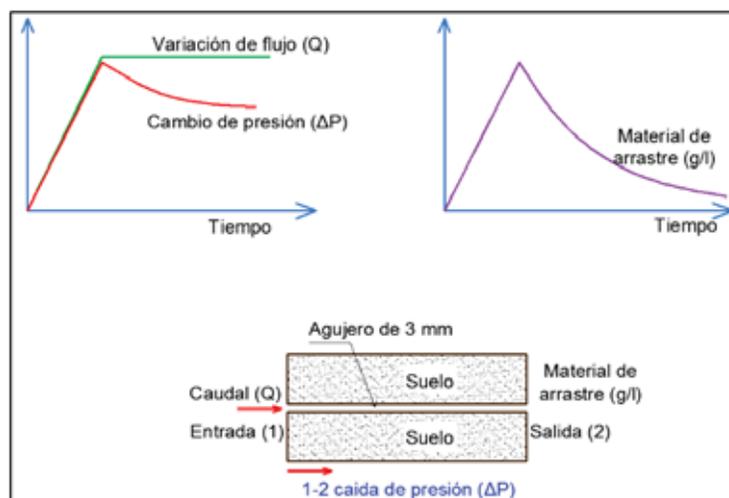


Después de secar la parafina, la muestra se extrajo del molde de compactación y el suelo alrededor del molde de parafina.

El diámetro promedio del molde de parafina se midió en cuatro secciones intermedias equidistantes y se estimó el diámetro promedio final del orificio formado al final de las pruebas de tubificación.

Para la interpretación de los ensayos de tubificación, se debe considerar el siguiente esquema:

Figura 144 Esquema para la interpretación de ensayo.





Para el procedimiento de cálculo, se consideró principalmente la interpretación de los principios del flujo de fluido viscoso a través de tubos de superficie rugosa.

Considerando el equilibrio de las fuerzas de un fluido (Santos et al. 2012) que se mueve por un agujero de sección circular por diferencias piezométricas en un instante t se tiene:

£ t Ton/Ha*Año	CLASIFICACION
35.74	BAJA

TIPO DE EROSION	RANGO Ton/Ha*Año	Clasificacion
1	<50	BAJA
2	50-100	MEDIA
3	100-150	CONSIDERABLE
4	150-200	ALTA
5	200-250	MUY ALTA
6	>250	EXTREMA

9.4.2. ANALISIS DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS ELASTICOS

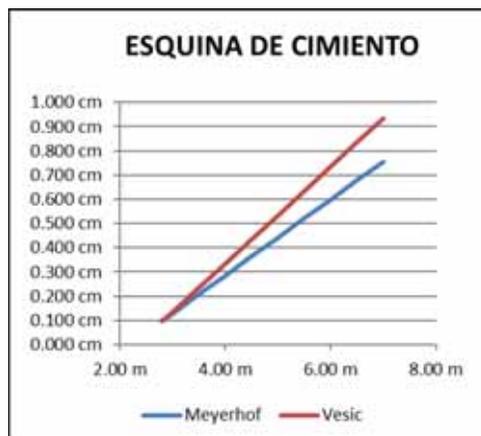
La presa estará cimentada sobre suelos y rocas. Se realizó el análisis de asentamientos inmediatos elásticos del material más crítico que es el suelo. A continuación, se detalla el análisis:

Cuadro 46 Valores de asentamientos según el Df

Df	qa		Asentamiento			
	Meyerhof	Vesic	Meyerhof		Vesic	
			Esquina	Centro	Esquina	Centro
2.80 m	1.53 kg/cm ²	1.52 kg/cm ²	0.097 cm	0.195 cm	0.097 cm	0.193 cm
3.00 m	2.02 kg/cm ²	2.14 kg/cm ²	0.129 cm	0.258 cm	0.136 cm	0.273 cm
3.50 m	3.25 kg/cm ²	3.70 kg/cm ²	0.207 cm	0.414 cm	0.236 cm	0.472 cm
4.00 m	4.48 kg/cm ²	5.27 kg/cm ²	0.285 cm	0.571 cm	0.335 cm	0.671 cm
4.50 m	5.71 kg/cm ²	6.83 kg/cm ²	0.364 cm	0.727 cm	0.435 cm	0.870 cm
5.00 m	6.94 kg/cm ²	8.39 kg/cm ²	0.442 cm	0.884 cm	0.534 cm	1.069 cm
5.50 m	8.17 kg/cm ²	9.95 kg/cm ²	0.520 cm	1.040 cm	0.634 cm	1.268 cm
6.00 m	9.40 kg/cm ²	11.51 kg/cm ²	0.598 cm	1.197 cm	0.733 cm	1.466 cm
6.50 m	10.62 kg/cm ²	13.07 kg/cm ²	0.677 cm	1.354 cm	0.833 cm	1.665 cm
7.00 m	11.85 kg/cm ²	14.63 kg/cm ²	0.755 cm	1.510 cm	0.932 cm	1.864 cm

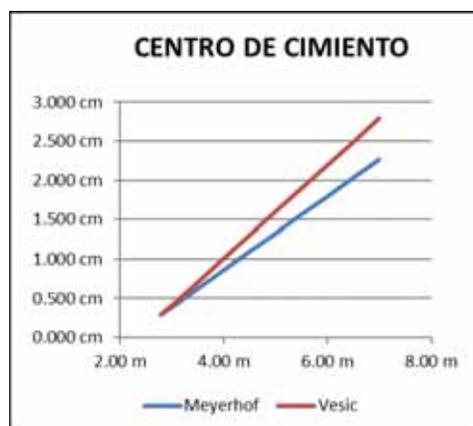
Nota: Se muestran valores de asentamientos para diferentes profundidades según Meyerhof y Vesic.

Figura 145 Esquina de cimiento



Nota: Se muestran valores de asentamiento y profundidades para la esquina del cimiento.

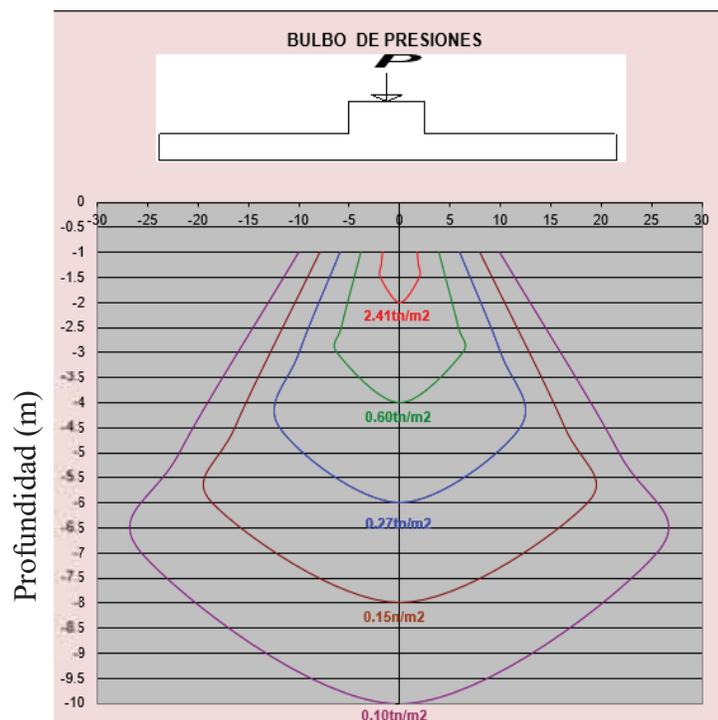
Figura 146 Centro de cimiento.



Nota: Se muestran valores de asentamiento y profundidades para el centro del cimiento.

Como se observa los asentamientos inmediatos elásticos son tolerables, con valores inferiores al máximo asentamiento señalado por la normativa E050 que es de 2.54 cm (1”).

Figura 147 Bulbo de presiones de la estructura.



Nota: Se muestra el bulbo de presiones de la estructura los valores para diferentes profundidades.

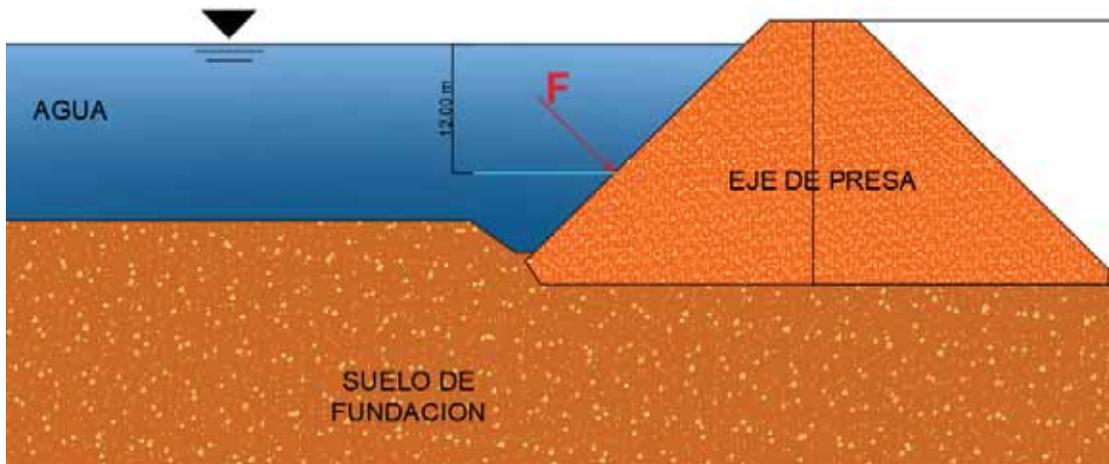
Además, se simuló el bulbo de presiones de la estructura en proyecto, de lo cual se obtuvo lo siguiente.

De acuerdo con el gráfico el suelo de fundación ofrece buen soporte a las estructuras proyectadas ya que el q_a es de 2.02 kg/cm^2 .

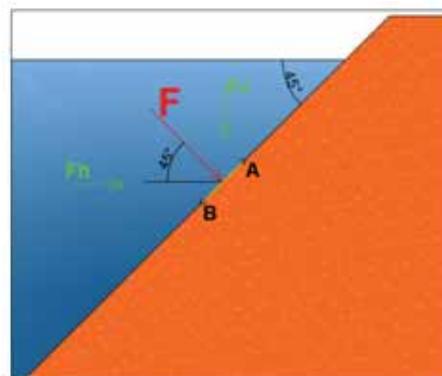
9.4.3. ANALISIS DEL EMPUJE HIDROSTATICO

Para el análisis de empuje hidrostático se debe considerar la geometría de la presa.

Figura 148 Esquema del empuje hidrostático para la presa



De lo cual se obtiene lo siguiente.



La inclinación del espaldón de la presa es de 45° con respecto al espejo de agua. De lo cual se tiene una fuerza oblicua, el cual se tendrá que descomponer en el eje horizontal y vertical.

Se deberá de considerar:

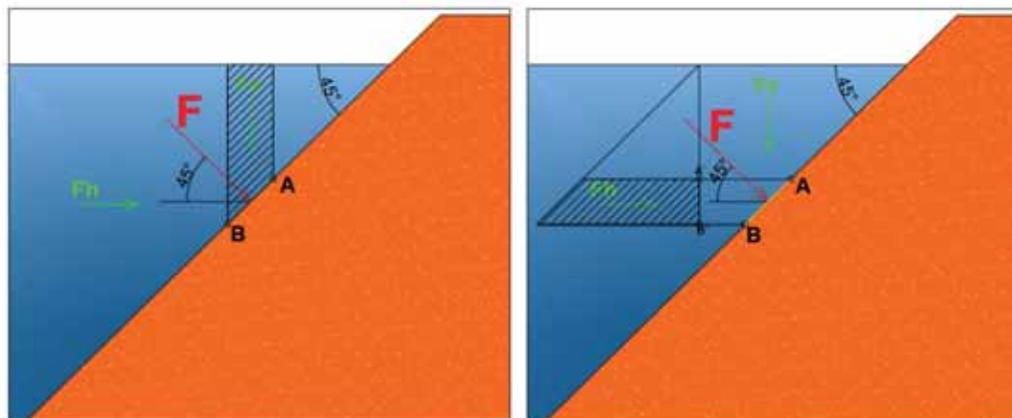
Densidad del agua = 1000 kg/m^3 .

Altura del punto en evaluación = 12.00 m

Longitud del eje de presa = 400.00 m



Gravedad=9.81 m/s²



Se determinará la componente Horizontal (Fh):

Bajo la fórmula general y por prisma de presiones.

FORMULA GENERAL:

$$FH = \rho_0 * g * Z_{GH} * A_H$$

Donde:

ρ_0 = Densidad del agua = 1000 kg/cm³.

g = Aceleración de la gravedad.

Z_{GH} = 12.00 m

A_H = 20.00 (m) * 400.00 (m) = 8000 (m²)

Reemplazando se tiene:

$$FH = 1000 * 9.81 * 12.00 * 8000.00$$

$$FH = 1000 * 9.81 * 12.00 * 8000.00$$

$$FH = 894672000 (N) = 894672 (kN)$$

Se determinará la componente Vertical (Fv):

Bajo la fórmula general y por prisma de presiones.



FORMULA GENERAL:

$$FV = V * \rho_0 * g$$

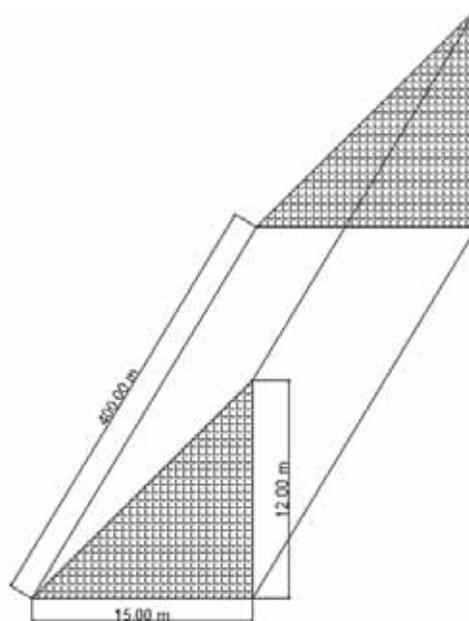
Donde:

V = Volumen de la columna del líquido contenido.

g = Aceleración de la gravedad.

ρ_0 = densidad del líquido contenido.

Figura 149 Sección del espadón de la presa



Primero se calculará el volumen de columna del líquido contenido.

$$V = Area * Longitud$$

$$V = 15 * 12 * 400$$

$$V = 15 * 12 * 400$$

$$V = 72\ 000\ m^3$$

Reemplazando:

$$FV = V * \rho_0 * g$$



$$FV = 72000 * 9.81 * 1000$$

$$FV = 72000 * 9.81 * 1000$$

$$FV = 706,320,000 \text{ N}$$

$$FV = 706,320 \text{ (kN)}$$

Finalmente, el empuje hidrostático será:

$$F = \sqrt{Fv^2 + Fh^2}$$

$$F = \sqrt{894672^2 + 706,320^2}$$

$$F = \sqrt{800,437,987,584 + 498,887,942,400}$$

$$F = \sqrt{800,437,987,584 + 498,887,942,400}$$

$$F = \sqrt{1,299,325,929,984}$$

$$F = 1139879.79 \text{ (kN)}$$

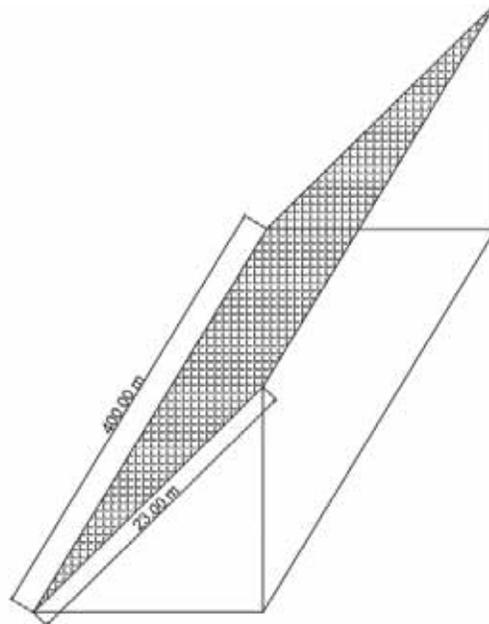
La presa estará sometida a un empuje hidrostático de: 1139879.79 (kN).

Realizando la conversión a kgf, se tiene:

$$F = 1139879.79 * 101.97 = 116233541.93 \text{ kgf.}$$



Figura 150 Sección del espaldón de la presa



Toda la superficie del espaldón de la presa tiene la siguiente área.

$$A = 23.00 * 400.00 \text{ (m}^2\text{)} = 9200 \text{ (m}^2\text{)}$$

La presión que ejerce el agua sobre la estructura será:

$$P = F/A = 116233541.93/9200.00 = 12634.081 \text{ kg/m}^2 = 1.263 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Metrado de cargas de la presa} = 0.725 \text{ kg/cm}^2$$

De acuerdo a la sumatoria de cargas entre el empuje hidrostático y carga estructural de la presa se tiene $1.263 + 0.725 = 1.988 \text{ kg/cm}^2$. Lo obtenido se comparó con la capacidad portante obtenida que es de 2.02 kg/cm^2 (en suelos) y 5.27 kg/cm^2 . En efecto se establece que el empuje hidrostático no tendrá incidencia significativa en el suelo y estructura proyectada. Por ende, la presa no experimentara volteo.



9.5. ESTANQUEIDAD

En el presente proyecto se determinó la estanqueidad por medio de pruebas indirectas y directas, las cuales fueron empleadas para el diseño y condiciones de cimentación, además de realizar una caracterización geotécnica del vaso para evitar problemas de filtración en el vaso y la estructura proyectada, a continuación, se detalla los estudios realizados:

9.5.1. ESTANQUEIDAD EN EL VASO

Para la determinación de la estanqueidad en el vaso se realizó en base al mapeo litoestratigráfico y geológico estructural y pruebas indirectas de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). De lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

La litología presente en la zona afectada por el embalse se encuentra caracterizada en su mayoría por depósitos cuaternarios correspondientes a depósitos fluvio-glaciares (Qpl-glf) y depósitos morrenicos (Qpl-mo), compuestos por materiales coluviales, coluvial-fluvial, fluviales.

Fotografía 34 Material coluvial-fluvial.



Nota: Se muestra la disposición de material coluvial-fluvial en el vaso de la presa.



Fotografía 35 Extensión de vaso de la presa



Nota: Se muestra el vaso y eje de presa donde se evidencia material coluvial-fluvial cerca al pie de montaña y depósitos morrenicos en la planicie.

Para ello se ha superpuesto el mapeo litoestratigráfico y las unidades geológico estructurales con la capacidad de embalse, donde se puede observar que la zona afectada al momento del embalse estará compuesta por materiales cuaternarios. Además, no se ha observado la presencia de estructuras geológicas como fallas que se proyecten que afecten la extensión del vaso y generan una porosidad secundaria.

Se puede observar que el nivel freático se presenta a profundidades menores en incluso en la zona de planicie fluvio-glaciaria se puede encontrar en la superficie en bofedales.

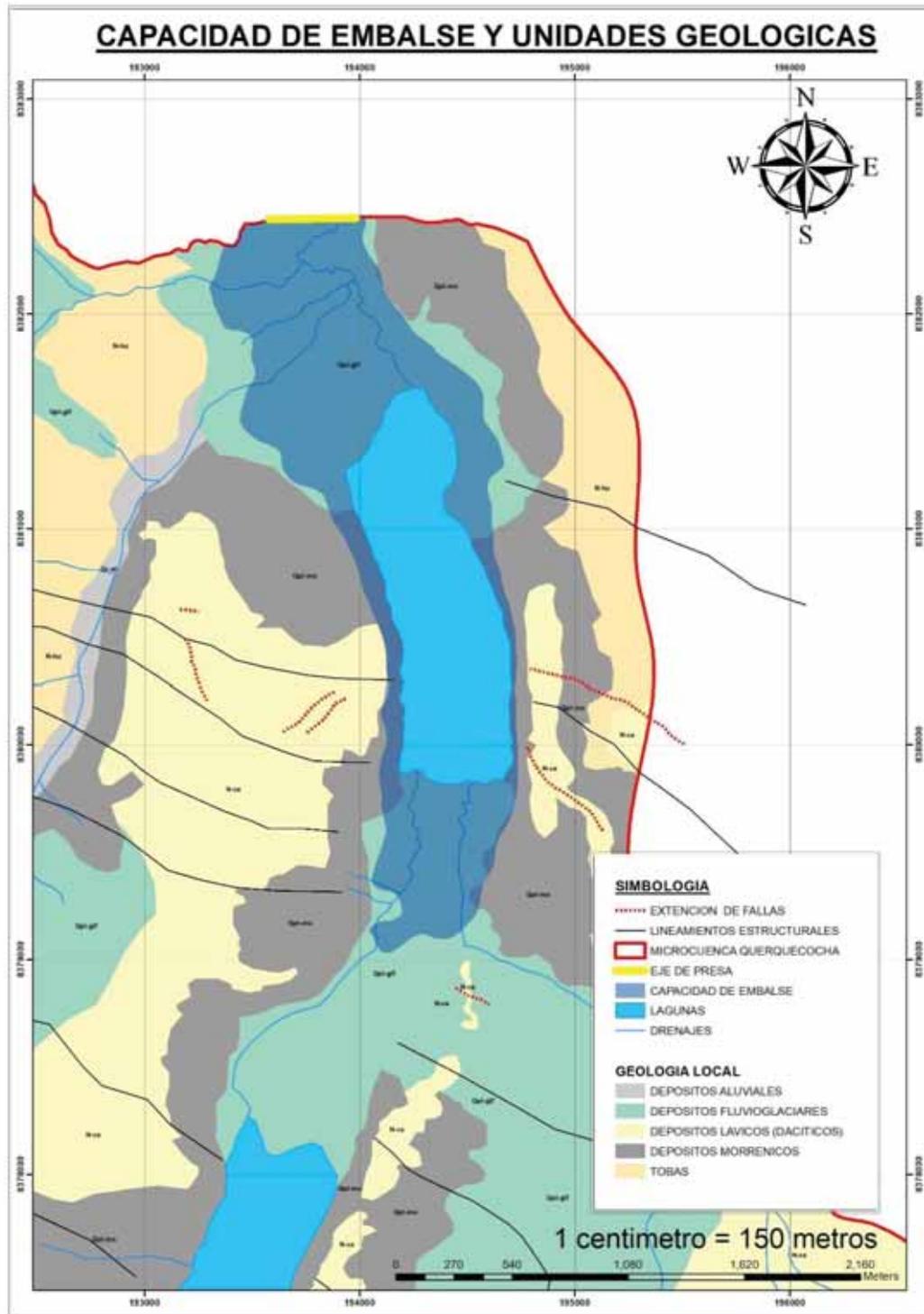
Fotografía 36 Bofedales presentes en el vaso



Nota. Se observa la presencia de bofedales en el vaso donde se puede apreciar el nivel del agua.



Figura 151 Capacidad de embalse vs unidades geológicas

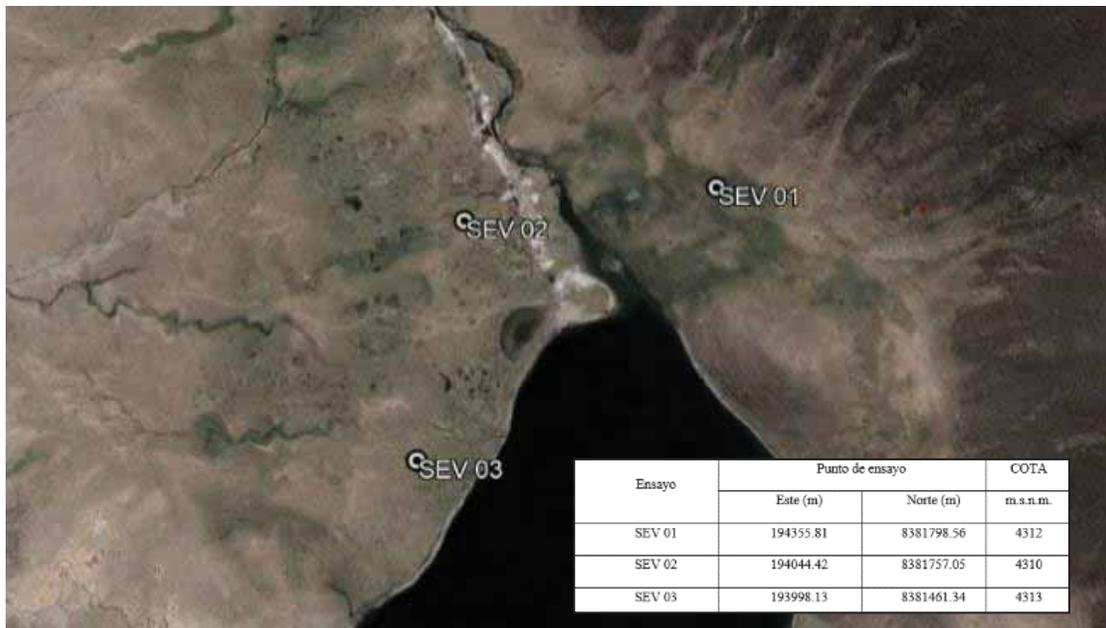


Nota. Se puede observar la zona afectada por el embalse de la presa y los materiales geológicos afectados.



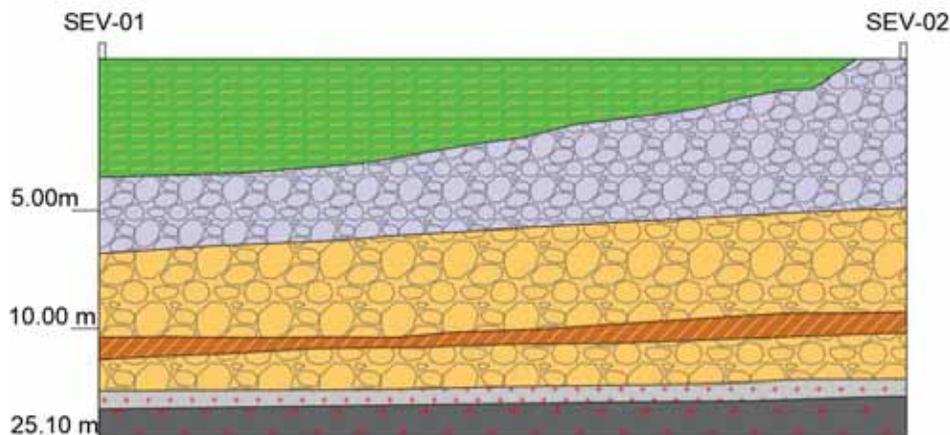
Mediante los sondeos indirectos se realizaron los ensayos SEV, se puede determinar que la menor resistencia obtenida con un valor de 89 ohm*m y el valor más alto obtenido de 2458 ohm*m, según la tabla propuesta UICN-2015 se pueden relacionar estos valores con materiales que van desde suelos orgánicos con matriz arcillosa, con un espesor aproximado de 3 a 4 m, luego materiales granulares compuesta por gravas con matriz arena arcillosa, correspondientes a depósitos fluvioglaciares hasta una profundidad aproximada de 20 a 25 m donde se encuentran valores más altos que corresponden a material rocoso alterado, según la geología de la zona corresponden a rocas volcánicas.

Figura 152 Ubicación de los ensayos SEV



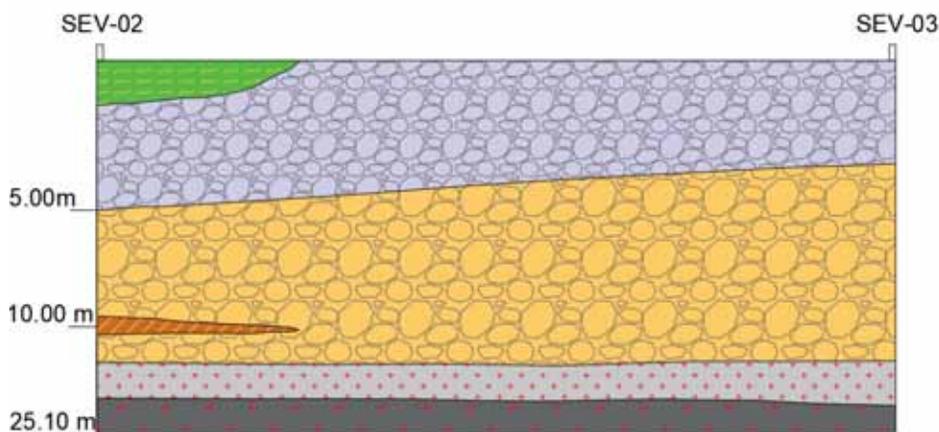
Nota: Se muestra la localización de los puntos de exploración, ubicados en el vaso.

Figura 153 Interpretación del SEV1 y SEV2.



Nota: Se puede evidenciar una estratificación horizontal con depósitos tobáceos predominantemente, los cuales suprayacen sobre roca de topo granodiorítica.

Figura 154 Interpretación del SEV2 y SEV3.



Nota: Se puede evidenciar una estratificación horizontal con depósitos tobáceos predominantemente, los cuales suprayacen sobre roca de topo granodiorítica.

LEYENDA:		
	Material altamente organico en una matriz arcillosa (SUCS= Pt)	Depositos Recientes (Fluvioglaciares)
	Material friccionate gravas arenosas, con agua (SUCS= GW-GM)	
	Material friccionate gravas arenosas, sin agua (SUCS= GW-GM)	Formacion Huaycha (Depositos tobaceos)
	Material cohesivo arcilloso arenoso de baja plasticidad (SUCS= CL)	
	Material rocoso alterado de tipo igneo (SUCS= NP)	Formacion Orcopampa (Basamento rocoso Impermeable)
	Macizo rocoso de tipo igneo - Granodiorita (SUCS= NP)	

De acuerdo a las resistividades obtenidas, no se tiene presencia de nivel freático a mayores profundidades, por lo que se descarta la posibilidad de filtraciones.

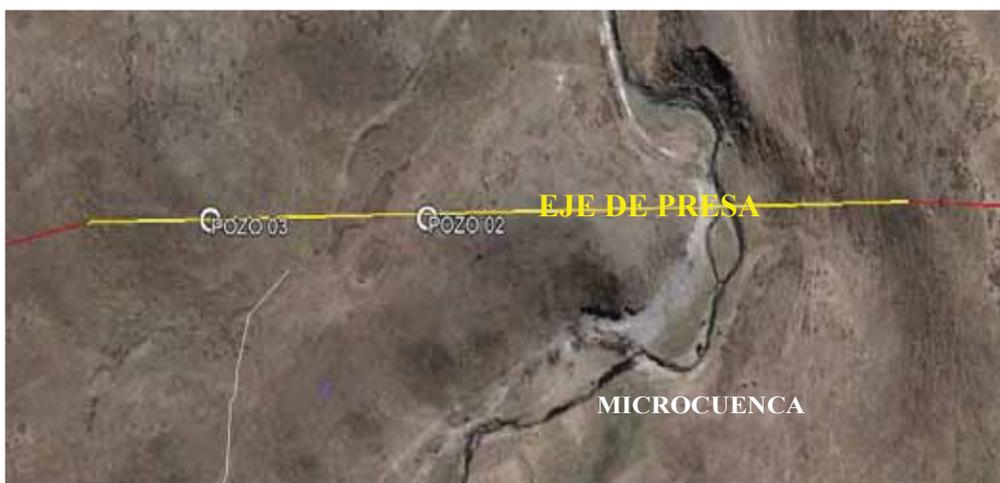
No se realizaron más ensayos en el vaso ya que el área crítica de posibles filtraciones se ha considerado el eje de presa.

9.5.2. ESTANQUEIDAD EN EL EJE DE PRESA

Para la cerrada se realizaron estudios geotécnicos más detallados, como son: Permeabilidad, perforaciones diamantinas, refracción sísmica y MASW. Con el fin de garantizar la estanqueidad del agua. Los ensayos son los siguientes:

DE LA PERMEABILIDAD

Figura 155 localización de los puntos de exploración.



Nota: Se muestran los sondeos donde se realizaron los ensayos de permeabilidad.

Se ha desarrollado el cálculo de infiltración en el capítulo IV - GEOTECNIA. Se utilizó el método planteado por Lefranc, De lo cual se obtuvo los siguientes resultados:



Cuadro 47 Flujo de infiltración

POZO 02		POZO 03	
K=	$2.7 \cdot 10^{-4}$	K=	$9.7 \cdot 10^{-7}$
	cm/seg		cm/seg

Nota: Se muestran cuadros con el valor de infiltración a la derecha para el pozo 02 y la izquierda el pozo 03, se muestran las unidades. (propia)

No se espera filtraciones significativas ya que el valor de permeabilidad k y la infiltración Q obtenido, son valores muy bajos en un tipo de suelo morrenas glaciares consolidados que se tiene en la zona de represamiento.

DE LAS PEFORACIONES DIAMANTINAS

Se realizaron 03 exploraciones en el eje de la presa, localizándose los puntos de exploración como se observa en la figura 107.

Figura 156 Ubicación de perforaciones diamantinas.



Nota: Se observan las ubicaciones de las perforaciones diamantinas distribuidas en eje de presa de color rojo y los puntos de exploración de color amarillo. (elaboración propia)

De lo cual se obtuvo los siguientes resultados:



Cuadro 48 Resumen de las exploraciones diamantinas

DESCRIPCION	POZO 01	POZO 02	POZO 03
SUELO	0.00 m a 15.00 m.	0.0 m a 9.50 m.	0.00 m a 73.50 m
ROCA	De los 15.00 m a más.	9.50 m a más.	NO ENCONTRADO
NIVEL FREATICO	Localizado a -1.50 m.	Localizado a -0.60 m.	Localizado a -8.40 m.

Nota: Se observan las ubicaciones de las perforaciones diamantinas distribuidas en eje de presa de color rojo y los puntos de exploración de color amarillo. (elaboración propia)

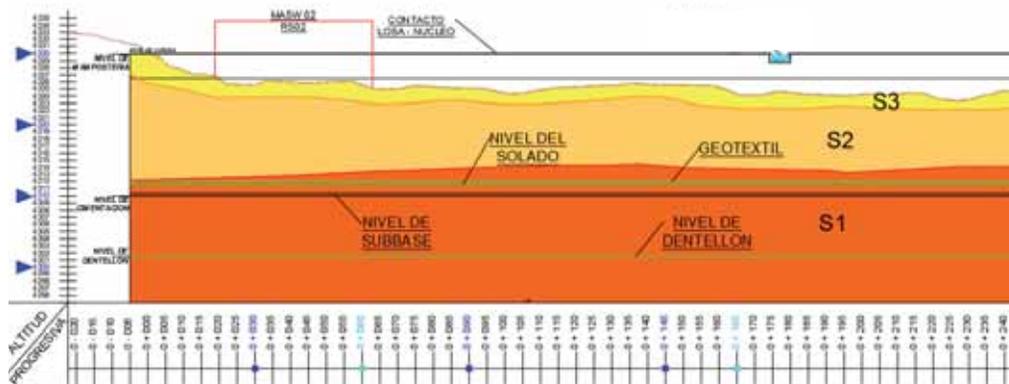
Los materiales localizados presentan una permeabilidad baja y se tiene presencia de afloramiento rocoso superficial. Por ende, no se espera filtraciones.

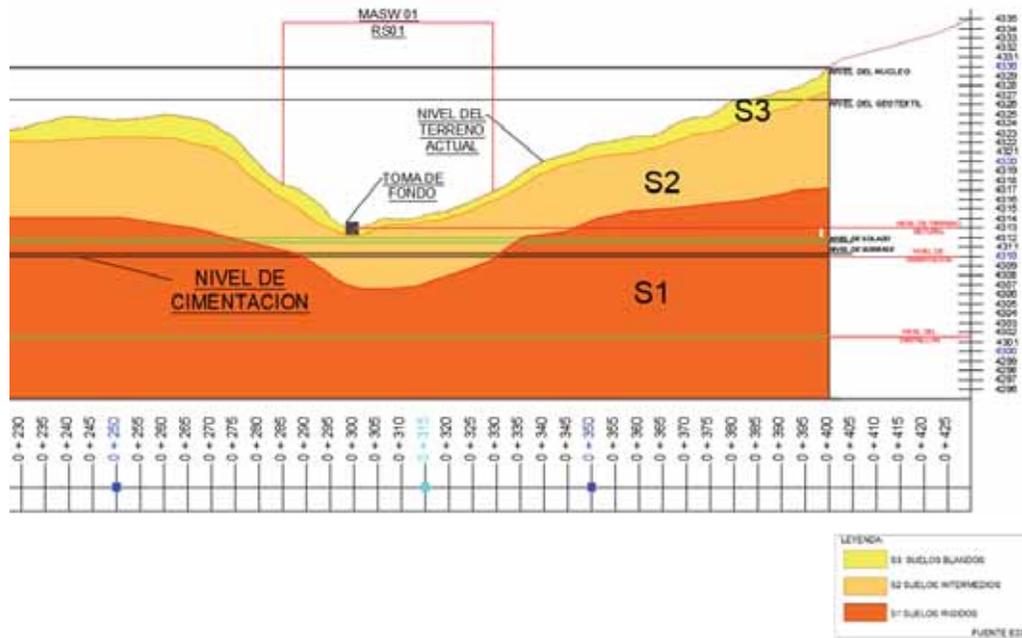
DE LA REFRACCION SISMICA Y MASW

Para la evaluación geofísica mediante refracción sísmica y MASW, se realizaron 02 líneas de exploración localizadas en los extremos en el eje de la presa.

Del ensayo realizado se obtuvo perfiles que fueron superpuestos sobre el dimensionamiento de las cimentaciones, clasificando el material según la tabla 2 de Parámetros del suelo según la norma E030 2018.

Figura 157 sección interpretada geofísica.





Nota: Interpretación de los ensayos geofísicos de MASW y Refracción sísmica. De lo cual se regionalizo de acuerdo a la normativa E030, para determinar los diferentes perfiles de los suelos.

De los resultados obtenidos, los suelos localizados en el eje de la presa corresponden a perfiles S2 Y S3 predominantemente, por lo que no se espera filtraciones en el eje de la presa.

Finalmente, de todos los ensayos realizados y teniendo en cuenta los valores de permeabilidad de acuerdo a los sondeos realizados en el eje de la presa se puede evidenciar que la cerrada de la presa no presentara filtraciones. Por ende, se garantiza la estanqueidad en la presa.



10. CAPITULO X – EVALUACION DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE

10.1. BASE LEGAL

- Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338
- Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos
- Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI, Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua.
- Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI, Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua
- Reglamento de seguridad de presas públicas de embalses de agua.

10.2. EVALUACION DEL RIESGO DE LA PRESA

10.2.1. RIESGO FRENTE A AVENIDAS

Frente a este riesgo, se realizó el análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas, con lo cual se obtuvo el caudal máximo avenida para un periodo de retorno de 500 años de 69.5 m³/s, con lo cual obtuvo la cota de nivel máximas extraordinarias que es de 4329.58 msnm, Así mismo este caudal de máxima avenida generar un pico de caudal de salida de la presa de 6.33 m³/s, dato importante para el diseño y ubicación óptima del aliviadero de demasías.

De donde se concluye que, a nivel de diseño hidráulico, la presa cumple con todas las características técnicas.



10.2.2. RIESGO ESTRUCTURAL INESTABILIDAD, OPERACIÓN Y SISMICA

ESTRATO PORTANTE	TIPO DE ANALISIS	UBICACIÓN EN EL TALUD	METODO DE ANALISIS	FACTOR DE SEGURIDAD OBTENIDO
SUELOS	ESTATICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.624
			SPENCER	1.844
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.729
			SPENCER	1.992
	DINAMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.408
			SPENCER	1.418
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.496
			SPENCER	1.693
	SISMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	1.380
			SPENCER	1.399
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	1.378
			SPENCER	1.321
ROCAS	ESTATICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	5.991
			SPENCER	5.721
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	NP
			SPENCER	NP
	DINAMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	5.811
			SPENCER	5.644
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	6.124
			SPENCER	5.288
	SISMICO	AGUAS ARRIBA	BISHOP SIMPLIFICADO	3.951
			SPENCER	3.679
		AGUAS ABAJO	BISHOP SIMPLIFICADO	5.891
			SPENCER	4.581



10.2.3. CLASIFICACION DE LA PRESA

La presa de embalse se clasifica conforme a los criterios siguientes.

EN FUNCION DE SUS DIMENSIONES

Acorde a las características físicas-estructurales de la presa, esta se clasifica como gran presa, ya que la altura del dique es superior a los 15 metros, tomando en cuenta como cota mínima la cota de cimentación.

EN FUNCION DEL RIESGO POTENCIAL

En función al riesgo potencial la presa Querquecocha se clasifica como CATEGORIA B, el cual corresponde a una presa cuya rotura o funcionamiento incorrecto pueda ocasionar daños materiales o ambientales importantes, pero no catastróficos, o afectar a un número no muy grande de viviendas, tierras de cultivo, establos, granjas, caminos, puentes, etc.

10.3. MEDIO AMBIENTE

10.3.1. IDENTIFICACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para identificar la acción que representan un impacto, se ha elaborado un listado ordenado de las acciones, que se darán en el futuro, susceptibles de producir un efecto en el ambiente.

A continuación, se describen las acciones impactantes.

Fase de construcción

A. Construcción de un campamento.

La habilitación de un campamento, el cual se mantendrá y conservará mientras dure la ejecución, generará una alteración al paisaje natural.

B. Movimiento de tierras.

Excavación: Se realizará mediante la excavación de materiales, carga transporte y deposición de ellos en los botaderos, sitios de acopio, en terraplenes o rellenos, con la finalidad de lograr los



niveles especificados. Así mismo se harán excavaciones para la limpieza, en material suelto, para la colocación del diente de la presa y para la fundación de la presa.

Rellenos: Actividad que consiste en la aplicación del material para lograr los niveles deseados en las diferentes estructuras. Se aplicarán rellenos de material impermeables, material para dren, enrocados, relleno compactado, etc, especificados a más detalles en capítulos anteriores en el diseño de la presa.

C. Explotación de canteras.

Los materiales para los distintos rellenos, así como para agregadas del concreto se obtendrán de los puntos ya antes especificados, la extracción de estos materiales será de manera masiva.

D. Uso de maquinarias y equipos

Para realizar el movimiento de tierras, construir los caminos de acceso, transporte de materiales, etc., se requerirá el empleo de maquinaria.

E. Transporte de materiales

Actividad que implica colocar al pie de la obra, los materiales de construcción procedentes de las canteras o de los almacenes, así como retirar el material sobrante de obra hacia lugares específicamente designados para su disposición final.

F. Construcción de la Obra.

Se refiere a la construcción de la obra en sí: presa, que comprende una serie de actividades necesarias para la creación de la infraestructura útil, para el desarrollo de la actividad.

G. Desvió de aguas.

Acciones de derivación del canal principal, para realizar la construcción de la estructura.



H. Caminos de acceso.

Construcción de caminos de acceso a la presa, para la construcción de las obras (transporte de materiales, etc), así como los accesos a las canteras.

I. Eliminación de escombros.

La eliminación de escombros requerirá de lugares adecuados para su vertimiento, donde se depositarán los materiales sobrantes de la obra, residuos. Se recomienda que este se ubique en forma uniforme, libre de montículos o depresiones, con pendientes estables que permitan un drenaje adecuado y que concuerden con la topografía circundante.

Fase de Operación

A. Embalse de agua.

Implantación de la presa, así como la presencia de un mayor volumen de agua en el vaso.

B. Oscilaciones del nivel de agua embalsada.

Por acción del incremento y disminución del volumen de agua embalse.

C. Mantenimiento

Acciones referidas al mantenimiento de la infraestructura principal.

FACTORES IMPACTADOS

Se identificaron en el medio, los factores y componentes ambientales que serán alterados a consecuencia de las acciones que se realizarán en el proyecto.



Tabla 46 Matriz de identificación de impactos

			Campamento	Uso de maquinarias	Movimiento de tierras	Caminos de acceso	Explotación canteras	Transporte de materiales	Desvío de aguas	Construcción de la presa	Eliminación de escombros	Embalse de agua	Oscilaciones del nivel de agua	Mantenimiento
FACTORES														
FISICOS	Atmosfera	Calidad Física			X	X	X	X		X	X			
		Calidad Química		X										
		Ruido		X			X							
	Suelo	Relieve			X	X				X	X	X		
		Material de construcción					X							
		Erosión			X	X	X		X	X	X			
		Contaminación	X							X	X			
		Compactación		X		X								
		Inestabilidad de laderas						X			X			
	Agua	Cantidad										X	X	X
		Intercepción de cauces									X			
		Escorrentía superficial					X		X	X				
Paisaje	Naturalidad	X			X				X	X				
BIOTICOS	Flora terrestre	Perdida de hábitat			X		X			X				
		Cobertura vegetal			X	X	X			X				
	Flora acuática	Perdida de hábitat									X	X		
	Fauna	Perdida de hábitat								X				
SOCIOECONOMICOS	Uso del territorio	Perdida de suelo								X				
		Ocupación del suelo	X		X	X	X			X	X			
	Humanos	Molestias								X				
		Seguridad								X				X

Nota: Se muestran factores considerados para evaluación del impacto ambiental de la presa.

Fuente: Elaboración propia.

10.3.2. DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

10.3.2.1. Impactos a la atmosfera

- Calidad física del aire



Durante la etapa de construcción se prevé que se presentara emisión de partículas (polvo) a la atmosfera, producto de las actividades del movimiento de tierras, construcción de caminos de acceso, explotación de canteras, eliminación de escombros.

El impacto de las acciones anteriormente indicadas es considerado como moderado y debido a la baja velocidad de viento, la operación solo será en el sitio y de carácter temporal.

- **Calidad química**

La emisión de gases que se presentará en la etapa de construcción de la obra se deberá al uso de maquinaria y a la utilización de explosivos en las canteras. Este impacto negativo es también considerado como moderado y de carácter temporal.

- **Ruido**

Este impacto negativo se presentará, fundamentalmente, como producto de la utilización de maquinaria, en el movimiento de tierras, explotación de canteras, etc. En esta situación el impacto se prolongará durante casi toda la etapa de construcción, siendo considerado como moderado.

10.3.2.2. Impactos en el suelo

- **Relieve**

Es el impacto negativo más importante que se presenta en este componente ambiental y se presenta en la etapa de construcción de las obras.

El relieve del suelo será afectado principalmente por la explotación de las canteras donde el impacto se considera como severo y por el movimiento de tierras, la construcción de los caminos de acceso, la construcción de un lugar adecuado como receptor de escombros y desperdicios.

Este impacto será de carácter permanente, porque las estructuras serán permanentes, aunque en el caso de la cantera, este podría ser mitigado.



- **Material de construcción**

Este impacto será debido a la actividad de explotación de canteras, este impacto será de carácter temporal, será necesario tomar medidas de mitigación.

- **Erosión**

Alteración negativa se manifiesta con fuerza en la actividad de movimiento de tierras para la excavación, construcción de caminos de acceso y explotación de canteras, ya que algunas áreas son inestables, incrementándose el riesgo al realizar cortes de laderas y por pérdida de la vegetación natural.

Este impacto negativo está calificado como severo.

- **Contaminación**

La construcción de la obra en sí, generara residuos, tales como papeles, restos de maderas, resto de concreto, etc., que producirán contaminación por el contacto directo con el suelo. De la misma manera, en el lugar donde se eliminarán los escombros habrá todo tipo de residuos que también producirán una alteración al paisaje natural.

Cabe señalar que la generación de residuos y líquidos producto de los campamentos, almacén, etc. Presentan un riesgo potencial de contaminación al suelo, por lo que deben considerarse medidas de mitigación necesarias.

- **Compactación**

Impacto negativo debido a la utilización de maquinaria, construcción de las vías de acceso y al transporte propio de los materiales. Este impacto será de carácter permanente, aunque localizado al lugar donde se construirán las obras.



- **Inestabilidad de laderas**

Este impacto negativo se presentará en la construcción del dique de la presa, explotación de canteras. Un corte de suelo origina la inestabilidad de las laderas, en forma directa, por lo que deberán de preverse las medidas de mitigación necesarias.

10.3.2.3. Impactos en el agua

- **Calidad**

La calidad del agua podría verse afectada en las etapas de construcción debido a la generación y vertido de efluentes domésticos (aguas servidas) y efluentes procedentes del campamento (aceites, combustibles, etc), principalmente en las áreas aledañas al campamento. Este impacto puede considerarse como moderado.

- **Cantidad**

Impacto positivo que se presentará con la ejecución de la obra, ya que permitirá un incremento del volumen de agua a almacenar, así como la regulación de las descargas, lográndose un efectivo aprovechamiento del agua en cantidad y oportunidad de uso. Impacto de carácter permanente.

- **Intercepción de cauces**

La importancia de este impacto es calificada como moderado, puesto que el cauce que será interceptado no presenta vida acuática.

- **Escorrentía superficial**

El flujo natural del agua sobre el suelo es afectado negativamente por la explotación de canteras y la construcción de la obra en sí, y está calificado como impacto moderado, debiéndose tomar medidas de mitigación para procurar que no exista algún impedimento para el escurrimiento de las aguas hacia el embalse.



10.3.2.4. Impactos en el paisaje

- **Naturalidad**

La naturalidad del paisaje resultará afectada negativamente por 'la presencia de elementos no naturales (estructuras de concreto, compuertas, tendido eléctrico, etc.). Este impacto será de carácter permanente y de importancia moderada

10.3.2.5. Impactos sobre la flora terrestre

- **Perdida de hábitat y cobertura vegetal**

El movimiento de tierras, producirá la eliminación del suelo natural sobre el cual se desarrolla algún tipo de vegetación, esta actividad ocasionará la pérdida de hábitat y cobertura vegetal, siendo un impacto negativo, de importancia despreciable, muy localizado; considerando que la presencia y distribución de especies se encuentran presentes en las praderas aledañas.

En cuanto a los impactos sobre la flora, que puede ocasionar la explotación de canteras, son similares a los que se ocasionarían por el movimiento de tierras, debiendo señalar que son impactos negativos irrelevantes; los mismos que cesarán una vez concluidas las actividades de explotación y movimiento de tierras.

La recuperabilidad de cobertura y hábitat se logrará de manera natural en el mediano plazo.

10.3.2.6. Impactos sobre la flora acuática

- **Perdida de hábitat**

La formación del embalse, implica cambiar el nivel de agua actual de 4 311 m s.n.m, a una cota de media de trabajo de 4 328, es decir, la columna de agua se incrementará a 17 m significando el retroceso de la línea de cobertura vegetal sumergida, cómo se puede apreciar que el impacto es negativo, moderado y recuperable en el tiempo, considerando la adaptabilidad del cambio de las especies.



10.3.2.7. Impactos sobre la fauna terrestre

- **Perdida de habitad**

Este impacto negativo será producido por la ejecución de la obra en sí, que ocupará un espacio definido, con carácter permanente.

Durante la etapa de construcción de las obras, algunas actividades tales como campamento provisional, movimiento de tierras, darán lugar a ocupación temporal del suelo. Otras actividades tales como construcción de la infraestructura de servicios, las áreas donde se verterán los escombros o la construcción de los caminos de mantenimiento, causarán una ocupación permanente del suelo. Este impacto es evaluado como moderado.

10.3.2.8. Impactos en el factor uso de territorio

- **Perdida de suelo**

Este impacto a causa de la explotación de cantera o emplazamiento en la estructura propiamente la cual será permanente, generan zonas modificadas que no logran tener una aplicación adicional.

- **Ocupación del suelo**

Este impacto corresponde al área que afecta el embalse de la presa, y el emplazamiento propiamente de la estructura la cuales serán permanentes, generan zonas modificadas que no logran tener una aplicación adicional.

10.3.2.9. Impactos en el factor humano

- **Molestias**

Es previsible que la construcción de las obras originará algunas molestias, así como también la utilización de explosivos. Estos impactos negativos son de importancia moderada.



- **Seguridad**

Es un impacto negativo que se presentará durante la etapa de construcción de las obras, debido al riesgo de que se produzcan accidentes. El riesgo mayor se presentará por la utilización de explosivos, calificándose este impacto de moderado a severo.

10.3.3. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) que tiene que ejecutarse durante y después de la obra de la Presa Querquecocha tiene por finalidad prevenir, reducir y controlar los impactos ambientales negativos desde el proyecto hacia el ambiente, y potenciar los impactos positivos resultados de la obra; para lo cual se identifica, organiza y se plantea un conjunto de medidas de manejo

10.3.3.1. Medidas de mitigación y/o prevención

Siendo este el conjunto de acciones complementarias que se deberán realizar para reducir la magnitud de los impactos ambientales negativos o desaparecerlos. En la tabla siguiente se presentan detalladamente los impactos y acciones a implementar



Tabla 47 Medidas de mitigación y/o prevención del proyecto

FACTORES		IMPACTOS NEGATIVOS	MEDIDAS DE MITIGACION	
FISICOS	Atmosfera	Calidad Física	Generación de polvo	Regar vías de acceso
		Calidad Química	Emisión de gases tóxicos	Utilizar máquinas y vehículos en buen estado
		Ruido	Maquinarias en funcionamiento	Evitar concentración de máquinas, mantenimiento periódico
	Suelo	Relieve	Explotación de canteras y remoción de tierras	Explotación controlada de canteras, realizar resanado del área
		Material de construcción	Traslado y explotación de canteras	Correcto acceso a las canteras, almacenes aislados y preparados
		Erosión	Remoción de tierras	Control adecuado de remoción
		Contaminación	Desechos de hidrocarburos, campamento	Bandejas de protección, implementación de PETS.
		Compactación	Crear zonas inestables por reacomodo de partículas.	Implementar procedimientos de trabajo, control de zonas inestables
	Agua	Inestabilidad de laderas	Explotación de canteras, construcción del eje	Explotación horizontal, realizar adecuados estudios de estabilidad
		Cantidad	Contaminación de fuentes	Implementar PETS, controlar volúmenes requeridos
Intercepción de cauces		Desvió de aguas, Alteración de ecosistemas	Mantener un caudal mínimo, creación de canales	
Paisaje	Escorrentía superficial	Desvió de aguas, Alteración de ecosistema	Mantener un caudal mínimo, creación de canales	
	Naturalidad	Perdida de paisaje natural	Evitar corte pronunciados	
BIOTICOS	Flora terrestre	Perdida de hábitat	Disminución de caudal	Mantener un caudal mínimo
		Cobertura vegetal	Derrame de hidrocarburos	Maquinarias en estado óptimo y PETS adecuados
	Flora acuática	Perdida de hábitat	Disminución de caudal, derrame de hidrocarburos	Mantener un caudal mínimo, Implementar PETS
	Fauna terrestre	Perdida de hábitat	Derramen de hidrocarburos	Maquinas en óptimas condiciones
SOCIOECONOMICOS	Uso del territorio	Perdida de suelo	Explotación de canteras, desplante de presa	Evitar cortes pronunciados
		Ocupación del suelo	Inundación por embalse de presa, emplazamiento de estructura	Reubicación de zonas de pastoreo
	Humanos	Molestias	Circulación de vehículos	Establecer horario de traslado de personal, creación de campamento en obra
		Seguridad	Accidentes, Personal ajeno a la zona	Control de personal y vehículos en el proyecto

Nota: Se muestran los impactos negativos y las medidas de mitigación. Fuente: Elaboración propia.



11. CONCLUSIONES

1. Se determino unidades geomorfológicas de tipo montañoso volcánico glaciario, con una predominante litología volcánica correspondientes al grupo Barroso del Neógeno, hidrológicamente presenta una oferta hídrica de 17.26 Hm³/año para una demanda de 12.47 Hm³/año, se plantea una presa de tipo CRF (PRESA DE ENROCADO CON CARA DE CONCRETO) sobre suelos friccionantes GS-GM (SUCS), teniendo un factor de seguridad de 3.679 en roca y 1.321 en suelo.

2. La zona de estudio corresponde a unidades de tipo montañoso volcánico glaciario, identificándose: fondo de valle de montaña baja de depósitos morrenicos y fluviales (12.63%), laderas de montaña baja de depósitos volcánicos, tobas y depósitos coluviales (57.42%) y cima de montaña baja volcánicas (16.62%), donde predomina la litología volcánica que corresponde al grupo Barroso, desarrollado en el Cenozoico, se identificó afloramiento de tobas, de la formación Huaycha y afloramientos de flujos lávicos de andesitas de la formación Casanuma, delimitados al oeste por el sistema de fallas Alto Condorama y Caylloma, al este: El sistema de fallas Cusco, Lagunillas y Mañaso, correspondientes a la cordillera occidental.

3. El área de estudio corresponde a la zona sísmica 3, con valores entre 0.40g-0.42 g, un coeficiente sísmico de 0.15-0.25, no expuesta a sismos recurrentes. En cuanto a la geodinámica externa, se ha determinado fenómenos de caída, flujo de detritos, depósitos coluviales y un deslizamiento antiguo que no presenta mayor peligro al área afectada por el embalse de la presa.



4. - Hidrológicamente la zona de estudio corresponde de a la unidad hidrográfica de tipo cuenca de nivel 07 con el código 4999868. Se determino una precipitación anual regionalizada para el de 862.882 mm/año a partir de los datos de la estación Yauri, obteniéndose un valor de 69.5m³/s de caudal de extremo para un periodo de retorno de 500 años y una oferta hídrica de 17.26 Hm³, Así mismo, se obtuvo una demanda hídrica de 12.47 Hm³.

5. La presa optada corresponde al tipo de presa CFRD (presa de enrocado con cara de concreto), la cual se cimentará sobre materiales constituidos por gravas arcillosas y limosas (GC-GM), con una capacidad de carga admisible de 2.02 kg/cm² y 5.27 kg/cm² en roca a una profundidad de 3.00 metros, con 10 m de dentellón impermeabilizado con geomembrana HDPE 5 mm para evitar fenómenos de tubificación o erosión interna. Además, el nivel freático depende mucho de los niveles de operación del vaso de la presa, el caudal de infiltración de 0.00014 l/s y un FS de 4.68 frente al fenómeno de tubificación.



12. RECOMENDACIONES

Primera. – Se recomienda la presencia de ingeniero geólogo durante campañas de campo en perforaciones diamantinas, a fin de poder viabilizar y optimizar dicha exploración.

Segunda. - Se recomienda creación de un acceso adecuado a la zona de estudio.

Tercera. - Se deberá de realizar un mantenimiento apropiado y periódico de la represa e infraestructura que la compondrá.

Cuarta. - Se recomienda realizar exploraciones geofísicas mediante Tomografía, para tener mayor detalle de las condiciones geológico, geotécnicas del subsuelo.

Quinta. - Se recomienda instalar una estación meteorológica.

Sexto. - Se recomienda realizar pruebas de permeabilidad en rocas, para los reajustes de factor de seguridad y estanqueidad de la presa.

Séptimo. – Para la determinación de los coeficientes de Young y poisson, se deberá realizar una correlación de los resultados obtenidos por compresión uniaxial y ensayos geofísico, a fin de Tener un valor más representativo. Para el presente caso, el módulo Poisson será 0.30 y el módulo de Young será 4×10^5 kg/cm².

Octavo. – Se recomienda realizar un estudio medio ambiental detallado con las valoraciones y metodologías necesarias, considerando lo señalado en el presente informe.

Noveno. – Durante el diseño de la presa, se recomienda considerar otros usos alternativos, como: La creación de accesos por la corona de la presa e implementación de actividades económicas como piscicultura.



13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcantara Boñon, G. (2011). *Pendiente de los suelos del departamento de Cajamarca*. Cajamarca, Perú.
- Alvarez Escalante, E. (2019). “*Creacion del servicio de agua del sistema de riego Querque en las comunidades de Ccollana, Casablanca, Ayacasi, Merquez y Urazana del distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas, departamento del Cusco*”. Tecnico, UNITEST UNIVERSAL TESTING SAC., Geotecnia, Cusco.
- Attribution + Non-commercial (BY-NC). (Miercoles de Febrero de 2006 - 2020). *Meteoblue*.
Obtenido de [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/velille_per%
ba_3926310](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/velille_per%c3%ba_3926310)
- Bieniawski Z., R. (1989). *Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in*.
- Braja M., D. (2013). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica cuarta edición*. Cengage Learning Editores.
- British C., C. (1963). *Soil Machanics for Road Engineers*. Madrid.
- Cuba Benavente, H. (2020). Estudio de canteras y fuentes de agua, INGEOMAT E.I.R.L., Cusco.
- Cuba Benavente, H. (2020). Tecnico, INGEOMAT E.I.R.L., Geofisica, Cusco.
- De la Cruz B., N. (1995). *Geologia de los cuadrangulos de Velille, Yauri, Ayaviri y Azangaro*. Lima, La victoria, Peru.
- Dharmawidjaja, J., Quezada, A., & Soto, G. (s.f.). *Medida de Resistividad de Terreno*. chile.
- Direccion general de caminos y ferrocarriles. MTC. (Julio de 2017). *Mapa vial del Cusco*.
- Direccion General de Politicas y Regulaciones en Construccion y Saneamiento. (2018). *Norma tecnica E 0.50 Suelos y CIMENTACIONES*.
- (s.f.). *Estudio de canteras y fuentes de agua, para el proyecto de tesis: Estudio geologico, geotecnico e hidrológico para garantizar la seguridad y estanqueidad de la presa Querquecocha, Distrito de Velille, Provincia de Chumbivilcas - Cusco, 2020*.



- (s.f.). *Estudio Geofisico mediante Tomografia electrica, para el proyecto de tesis: Estudio geologico, geotecnico e hidrológico para garantizar la seguridad y estanqueidad de la presa Querquecocha, Distrito de Velille, Provincia de Chumbivilcas - Cusco, 2020.*
- Fao, Fida. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia-opciones tecnicas para la agricultura familiar en America latina y Caribe.* Santiago, Chile.
- Fuentes Guzman, J. (2012). *Topografía.* Mexico: Red tercer milenio S.C.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingenieria geológica.* Madrid.
- Google Maps. (11 de Abril de 2020). *Google Maps.* Obtenido de <https://www.google.com/maps>.
- Hoek-Brown. (2002). *Sistema de caracterizacion cualitativa basado en RMR89.*
- INRENA. (1995). *Mapa Ecológico del Peru.* Lima, Peru.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (1995). *Geología del Perú.* Lima, Perú: Fimart S.A.- Editores & Impresores.
- Instituto Mexicano de tecnologia del agua. (2001). *Geotecnia en ingenieria de presas.* (R. Flores Berrones, V. Hristov Vassilev, & X. Li Liu, Edits.) Mexico.
- Mijares, F., & Aparicio, J. (s.f.). *Fundamentos de Hidrologia de Superficie.*
- MINAGRI, ANA. (2017). *Normas y reglamentos de seguridad de presas en el Peru.* El frayle.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Suelos y cimentaciones E 0.50.* Departamento de construcción, Lima.
- Monroy M., & Bolaños A. (2004). *Mapa de ordenadas espectrales.* Lima.
- Monroy, M., & Bolaños, A. (2004). *Mapa de ordenadas espectrales.* Lima, Perú.
- Pacheco Surco, N., & Paucar Alcarraz, R. (2015). *Estudio geológico - geotécnico para la construcción de la presa Aceroccocha - Kishura - Andahuaylas - Apurímac.* Cusco.
- Patzán, J. (2009). *Guía práctica para el cálculo de Capacidad de carga.* Guatemala.
- Perez C., A., Cabello C., A., & Volphal S., M. (2009). *Analisis de Erosion Interna en una presa de tierra.*
- Pulgar Vidal, J. (1938). *Geografía del Perú.* Lima, Perú: Ausonia.
- Rodrigo Campos, L. (2017). *Analisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas – Ajipampa.* Cajamarca.



- Sanga Ccama, F. T. (2017). *Implementacion de controles para una adecuada gestion de SSOMMA en las actividades de perforacion diamantina en XPLOMINE S.A.C en la UM - Las Bambas*. Puno, Peru.
- Sencia Gutierrez, A., & Gonzales Moreno, L. (2019). *Estudio geologico y geotecnico para la construccion de la presa Ccomercchocha, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas -Apurimac*. Cusco.
- Suarez , J. (s.f.). *Analisis Geotecnico* (Vol. Tomo I).
- Suarez Gomez , L. R. (2017). *Optimizacion de parametros para la adquisicion de datos medidos In situ por medio del metodo de Analisis multicanal de ondas superficiales (MASW)*. Valparaíso, Chile.
- Terzagui, K., & Peck, R. (1978). *Mecanica de Suelos en la Ingenieria Práctica*. España: "El Ateneo" S.A.
- Universidad de Basilea, Suiza, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (8 de Febrero de 2020). *Meteoblue (weather, close to you)*. Obtenido de www.meteoblue.com
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrologia*. Lima, Perú: Villón.
- Villota, H. (1997). *Una nueva aproximación a la Clasificación Fisiográfica del terreno*.



14. ANEXOS



ANEXOS HIDROLOGIA

Cuadro 51 Regionalización de la precipitación media de la cuenca Querquecocha.

REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION VS ALTITUD				COEFICIENTE DE DETERMINACION		
NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm	PP MEDIA HISTORICA mm	PP MEDIA MA CORREG mm	R ²		
CAYLLOMA	4327	795.74	948.49	LOG	0.9485	
YAURI	3927	818.10	857.03	LIN	0.9337	
POMACANCHI	3690	799.11	798.33	EXP	0.9083	
SICUANI	3574	726.89	768.22	POT	0.927	
KAYRA	3219	673.25	669.58	POL	0.976	
QUERQUECOCHA						
	4318	829.55				
LOGARITMICA	LINEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL	POLINOMICA		
0.9739	0.9663	0.9530	0.9628	0.9879		
817.09	816.42	874.06	820.35	994.84		
ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA		3764				
Variables	1	2	3	4	5	
	LINEAL	EXPONENCIAL	LOGARITMICO	POLINOMICA	POTENCIAL	
a	0.2719	193.93	942.88	-0.0002	0.0144	
b	207.05	0.0004	6945.9	1.7426	1.33	
c				2730.8		
Parametros de Regresion						
r	0.97	0.97	0.95	0.96	0.99	
R ²	0.93	0.91	0.95	0.98	0.93	
Altitud						
	3764	816.42	874.06	817.09	994.84	820.35

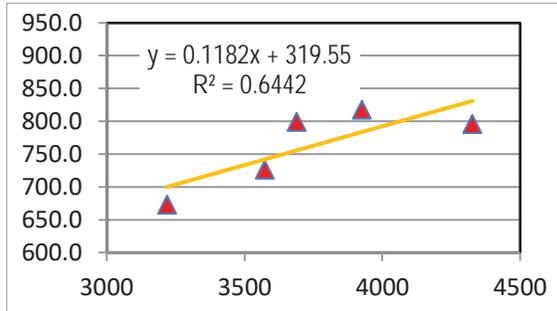
REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION

$y = 456.64 \ln(x) - 2992.8$
 $R^2 = 0.6824$

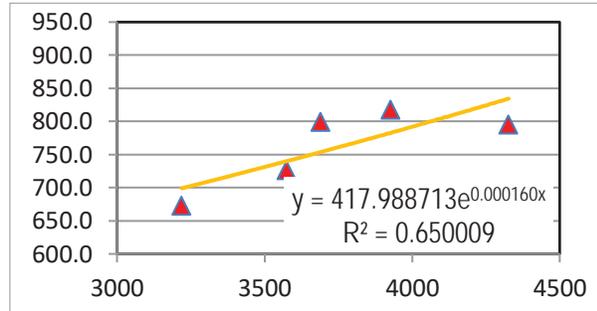
▲ ESTACIONES
 ■ MICROCUENCA QUERQUECOCHA
 — Logarítmica (ESTACIONES)



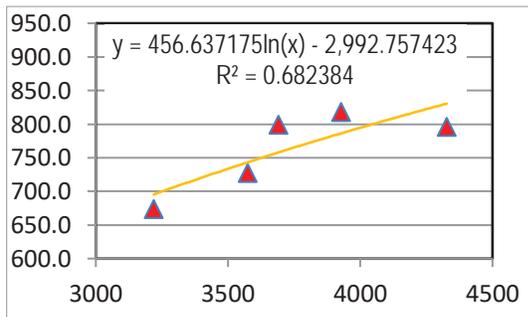
Figura 158 Gráficos de regresión lineal



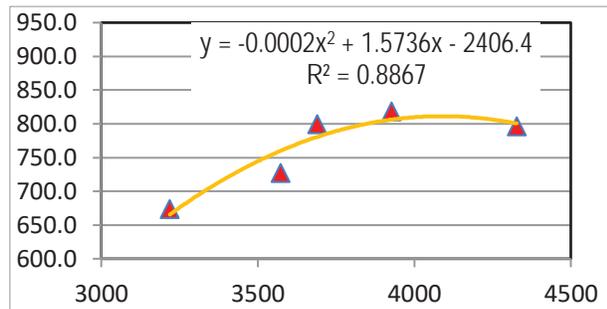
a) REGRESION LINEAL



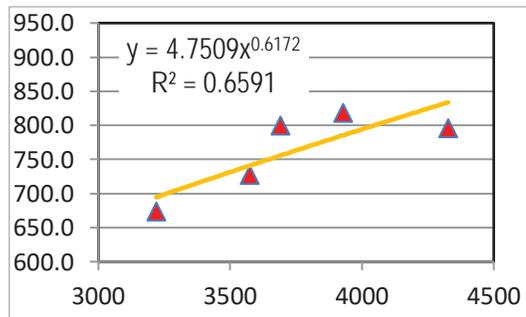
b) REGRESION EXPONENCIAL



c)REGRESION LOGARITMICA



d)REGRESION POLINOMICA

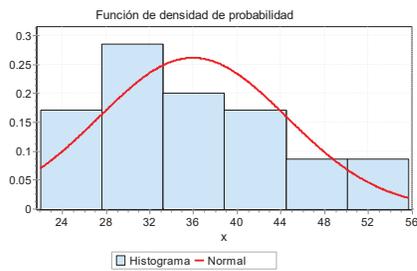


e) REGRESION POTENCIAL

Nota: Se muestran los graficos de regresion a) Regresión lineal, b) Regresión exponencial, c) Regresión logarítmica, d) Regresión polinómica, e) Regresión potencial (Elaboración propia)

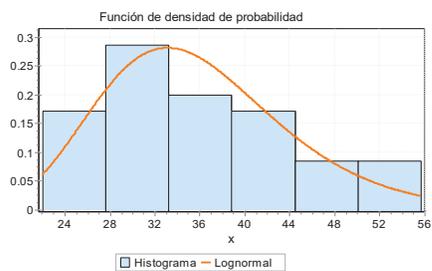


Figura 159 Distribución normal.



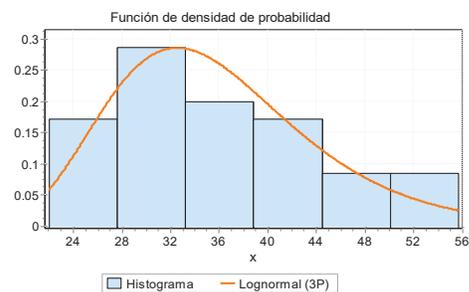
Nota: Elaboración propia.

Figura 160 Distribución log normal 2 parámetros



Nota: Elaboración propia.

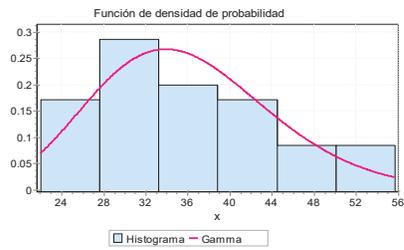
Figura 161 Distribución log normal 3 parámetros.



Nota: Elaboración propia.

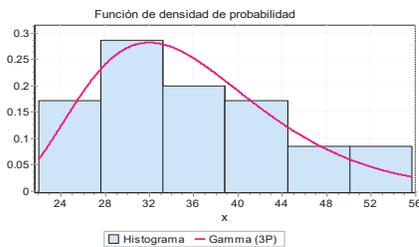


Figura 162 Distribución Gamma de 2 parámetros.



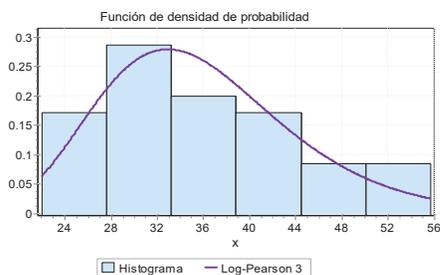
Nota: Elaboración propia.

Figura 163 distribución Gamma de 3 parámetros



Nota: Elaboración propia.

Figura 164 Distribución Log Pearson tipo III



Nota: Elaboración propia.



Tabla 48 Regionalización de precipitación.

	Altitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ALTITUD MEDIA	4644.00	209.54	199.31	159.32	52.85	10.64	3.54	3.11	8.87	19.23	31.45	58.41	112.36	868.63
ISOYETAS MENSUALES EC. DE REGRESION LINEAL	4400.00	197.16	185.98	149.23	52.10	10.22	3.59	3.33	8.59	19.54	35.54	61.05	113.45	839.78
	4450.00	199.70	188.71	151.30	52.25	10.30	3.58	3.28	8.65	19.47	34.70	60.51	113.23	845.69
	4500.00	202.24	191.44	153.36	52.41	10.39	3.57	3.24	8.71	19.41	33.87	59.97	113.00	851.60
	4550.00	204.77	194.17	155.43	52.56	10.48	3.56	3.19	8.76	19.35	33.03	59.42	112.78	857.51
	4600.00	207.31	196.90	157.50	52.72	10.56	3.55	3.15	8.82	19.28	32.19	58.88	112.55	863.42
	4650.00	209.85	199.64	159.56	52.87	10.65	3.54	3.11	8.88	19.22	31.35	58.34	112.33	869.34
	4700.00	212.39	202.37	161.63	53.03	10.74	3.53	3.06	8.94	19.16	30.51	57.80	112.10	875.25
	4750.00	214.92	205.10	163.70	53.18	10.82	3.52	3.02	8.99	19.09	29.67	57.26	111.88	881.16
	4800.00	217.46	207.83	165.77	53.33	10.91	3.51	2.97	9.05	19.03	28.84	56.72	111.65	887.07
	4850.00	220.00	210.56	167.83	53.49	11.00	3.50	2.93	9.11	18.96	28.00	56.18	111.43	892.98
	4900.00	222.53	213.29	169.90	53.64	11.09	3.49	2.88	9.17	18.90	27.16	55.63	111.20	898.89
	4950.00	225.07	216.02	171.97	53.80	11.17	3.48	2.84	9.23	18.84	26.32	55.09	110.98	904.80

Nota: se muestran datos de regionalización de precipitación para las diferentes curvas de nivel de la cuenca 4999868 Querquecocha.

Nota: Elaboración propia.

Tabla 49 Regionalización de la temperatura por regresión lineal simple.

ESTACION	ALTITUD msnm.	TEMPERATUA MEDIA MENSUAL												MEDIA C°
		ENE C°	FEB C°	MAR C°	ABR C°	MAY C°	JUN C°	JUL C°	AGO C°	SET C°	OCT C°	NOV C°	DIC C°	
Kayra	3219	13.4	13.5	13.2	12.2	10.7	9.6	9.3	10.6	12.2	13.4	13.8	13.5	12.1
Sicuni	3574	12.3	12.2	11.8	10.7	8.6	7.5	7.2	8.6	10.6	11.8	12.2	12.3	10.5
Pomacanchi	3690	11.0	10.7	10.6	9.9	8.0	7.4	7.2	8.4	9.8	11.3	11.6	11.4	9.8
Yauri	3927	9.0	8.8	8.8	7.8	5.5	3.4	3.4	4.3	6.6	8.0	9.0	9.0	7.0
Caylloma	4327	6.9	6.9	6.4	5.1	3.2	2.0	1.9	2.8	4.1	5.2	5.9	6.7	4.7
Promedio	3747.4	10.5	10.4	10.2	9.1	7.2	6.0	5.8	6.9	8.7	9.9	10.5	10.6	8.8
Desv. Estándar	412.5	2.6	2.6	2.6	2.8	2.9	3.2	3.1	3.2	3.2	3.3	3.1	2.7	2.9
Coefic.	A	33.84	34.12	34.00	33.99	33.44	33.78	32.77	35.47	37.56	39.28	38.35	35.08	35.14



Coefic.	B	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
Coefic.	R	-0.99	-0.98	-0.99	-0.99	-0.99	-0.96	-0.97	-0.97	-0.98	-0.98	-0.98	-0.98	-0.99
Mc. Quequecocha	4644	4.9	4.7	4.4	3.2	0.9	-0.7	-0.6	0.1	1.8	2.9	3.8	4.7	2.5

Nota: se muestran datos en C° para diferentes estaciones meteorológicas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50 Regionalización de temperatura media

		ALTITUD msnm.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ALTITUD MEDIA		4644.00	4.9	4.7	4.4	3.2	0.9	-0.7	-0.6	0.1	1.8	2.9	3.8	4.7	2.5
ISERMAS MENSUALES EC. DE REGRESION LINEAL	C1	4400.00	6.5	6.3	6.0	4.8	2.6	1.1	1.1	2.0	3.6	4.8	5.7	6.3	4.2
	C2	4450.00	6.1	6.0	5.7	4.5	2.3	0.8	0.8	1.6	3.3	4.4	5.3	6.0	3.9
	C3	4500.00	5.8	5.7	5.4	4.1	1.9	0.4	0.4	1.2	2.9	4.1	4.9	5.6	3.5
	C4	4550.00	5.5	5.3	5.0	3.8	1.6	0.0	0.0	0.8	2.5	3.7	4.5	5.3	3.2
	C5	4600.00	5.2	5.0	4.7	3.5	1.2	-0.3	-0.3	0.4	2.1	3.3	4.2	5.0	2.8
	C6	4650.00	4.9	4.7	4.4	3.1	0.9	-0.7	-0.7	0.1	1.7	2.9	3.8	4.7	2.5
	C7	4700.00	4.6	4.4	4.1	2.8	0.5	-1.1	-1.0	-0.3	1.3	2.5	3.4	4.3	2.1
	C8	4750.00	4.3	4.1	3.8	2.5	0.2	-1.5	-1.4	-0.7	0.9	2.1	3.1	4.0	1.8
	C9	4800.00	4.0	3.8	3.5	2.1	-0.2	-1.8	-1.8	-1.1	0.6	1.7	2.7	3.7	1.4
	C10	4850.00	3.7	3.4	3.1	1.8	-0.5	-2.2	-2.1	-1.5	0.2	1.3	2.3	3.4	1.1
	C11	4900.00	3.3	3.1	2.8	1.5	-0.9	-2.6	-2.5	-1.8	-0.2	0.9	1.9	3.0	0.7
	C12	4950.00	3.0	2.8	2.5	1.1	-1.2	-2.9	-2.8	-2.2	-0.6	0.5	1.6	2.7	0.4

Nota: Se muestran datos de regionalización de temperatura media para las diferentes curvas de nivel de la cuenca 4999868 Querquecocha. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51 Regionalización de la temperatura máxima media por regresión lineal

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
KAYRA	3219	19.8	19.8	20.0	20.5	20.8	20.5	20.3	21.0	21.2	21.5	21.5	20.5	20.6
SICUANI	3574	22.3	22.2	22.0	21.9	21.5	21.3	21.3	22.3	23.4	23.9	23.6	23.0	22.4
POMACANC HI	3690	19.5	19.3	19.2	19.1	19.0	19.1	19.1	20.4	20.8	21.7	21.5	20.9	20.0
YAURI	3927	16.5	15.9	16.2	16.3	16.3	16.0	15.8	16.4	17.5	18.0	18.5	17.4	16.7
CAYLLOMA	4327	16.6	16.1	15.8	15.8	15.7	15.3	15.5	16.7	17.7	18.9	19.1	18.3	16.8



Promedio	3747.4	18.9	18.7	18.6	18.7	18.7	18.5	18.4	19.4	20.1	20.8	20.8	20.0	19.3
Desv. Est.	412.5	2.4	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.5	2.3	2.1	2.2	2.5
Coficiente.	a	34.730	36.285	37.471	38.660	39.394	39.688	38.648	38.593	36.890	34.824	33.628	32.552	36.780
Coficiente	b	-0.0042	-0.0047	-0.0050	-0.0053	-0.0055	-0.0057	-0.0054	-0.0051	-0.0045	-0.0037	-0.0034	-0.0033	-0.0047
Coficiente	r	-0.712	-0.734	-0.787	-0.833	-0.878	-0.877	-0.852	-0.801	-0.737	-0.660	-0.676	-0.623	-0.777
Querquecoch a	4,644	15.2	14.5	14.1	13.9	13.7	13.4	13.6	14.7	16.1	17.4	17.8	17.0	15.1

Nota: Se muestran datos para todos los meses en las estaciones meteorológicas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52 Regionalización de la temperatura mínima media para la cuenca 4999868 Querquecocha.

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL												
		ENE C°	FEB C°	MAR C°	ABR C°	MAY C°	JUN C°	JUL C°	AGO C°	SET C°	OCT C°	NOV C°	DIC C°	MEDIA C°
Kayra	3219	7.3	7.3	6.6	4.3	1.0	-0.9	-1.5	0.5	3.5	5.4	6.1	6.7	3.9
Sicuani	3574	2.3	2.2	1.5	-0.6	-4.4	-6.3	-6.8	-5.1	-2.3	-0.2	0.8	1.7	-1.4
Pomacanchi	3690	2.5	2.4	2.1	0.5	-2.9	-4.3	-4.6	-3.7	-1.1	0.9	1.7	2.1	-0.4
Yauri	3927	1.7	1.7	1.5	-0.9	-6.0	-9.8	-9.8	-8.3	-4.8	-2.4	-1.0	0.5	-3.1
Caylloma	4327	-2.7	-2.4	-3.0	-5.6	-9.5	-11.1	-11.8	-11.2	-9.4	-8.5	-7.4	-5.2	-7.3
Promedio	3747.4	2.2	2.2	1.7	-0.5	-4.4	-6.5	-6.9	-5.6	-2.8	-1.0	0.0	1.2	-1.7
Desv. Estándar	412.5	3.6	3.4	3.4	3.5	3.9	4.1	4.1	4.5	4.7	5.1	4.9	4.3	4.1
Cofic.	A	33.450	32.361	31.311	30.331	29.651	28.629	28.047	33.886	39.390	44.156	43.841	38.894	34.496
Cofic.	B	-0.0083	-0.0080	-0.0079	-0.0082	-0.0091	-0.0094	-0.0093	-0.0105	-0.0113	-0.0120	-0.0117	-0.0101	-0.0097
Cofic.	R	-0.966	-0.961	-0.953	-0.959	-0.969	-0.937	-0.944	-0.972	-0.981	-0.981	-0.979	-0.977	-0.978
Mc. Querquecocha	4,644	-5.3	-5.0	-5.3	-7.8	-12.5	-14.9	-15.3	-15.0	-12.9	-11.8	-10.5	-7.9	-10.3

Nota: se muestran datos de temperatura para diferentes meses según las estaciones meteorológicas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53 regionalización de la humedad relativa media mensual.

ESTACION	ALTITUD msnm.	HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL												
		ENE C°	FEB C°	MAR C°	ABR C°	MAY C°	JUN C°	JUL C°	AGO C°	SET C°	OCT C°	NOV C°	DIC C°	MEDIA C°
KAYRA	3219	74.0	74.8	75.3	73.3	69.6	65.0	65.1	64.3	64.9	63.4	66.6	70.4	68.9
SICUANI	3574	66.0	55.7	62.2	56.7	54.8	53.7	53.7	53.2	53.6	51.6	57.4	60.0	56.6
YAURI	3927	75.6	77.8	77.2	75.0	70.0	67.2	64.6	63.1	62.5	64.1	63.3	70.4	69.2
CAYLLOMA	4327	64.1	63.1	61.8	55.0	42.9	38.9	36.7	35.1	41.3	35.7	38.4	51.8	47.1
Promedio	3761.8	69.9	67.9	69.1	65.0	59.3	56.2	55.0	53.9	55.6	53.7	56.4	63.2	60.4
Desv. Estándar	474.9	5.7	10.3	8.2	10.6	13.1	13.0	13.3	13.5	10.7	13.3	12.6	9.0	10.7
Cofic.	A	91.1066	82.0985	95.9625	103.5946	127.4847	124.4620	132.6917	134.8882	119.9372	127.7661	138.4160	110.6078	115.7513
Cofic.	B	-0.0056	-0.0038	-0.0071	-0.0103	-0.0181	-0.0182	-0.0206	-0.0215	-0.0171	-0.0197	-0.0218	-0.0126	-0.0147
Cofic.	R	-0.467	-0.174	-0.412	-0.460	-0.659	-0.665	-0.739	-0.759	-0.762	-0.704	-0.822	-0.665	-0.654
Mc. Querquecocha	4,644	65.0	64.5	62.8	55.9	43.3	40.2	36.8	34.9	40.5	36.3	37.2	52.0	47.5

Nota: se muestran datos de humedad para cada mes de según las estaciones meteorológicas.



Tabla 54 Regionalización de la evaporación media para la cuenca 4999868 Querquecocha.

ESTACION	ALTITUD msnm.	EVAPORACION MEDIA MENSUAL												MEDIA
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	
KAYRA	3219	87.6	66.9	81.3	87.1	75.5	86.4	76.8	109.4	110.9	109.5	107.9	84.2	90.3
SICUANI	3574	81.5	70.7	79.1	95.0	111.9	120.2	137.3	127.9	127.0	127.4	110.6	99.3	107.3
POMACANCHI	3690	70.0	70.8	82.0	84.1	100.1	123.8	122.0	138.1	110.0	129.2	105.1	93.1	102.4
CAYLLOMA	4327	117.9	99.4	103.8	107.5	107.8	106.8	102.4	121.8	146.6	167.3	168.2	147.2	124.7
Promedio	3702.5	89.2	77.0	86.6	93.4	98.8	109.3	109.6	124.3	123.6	133.3	123.0	105.9	106.2
Desv. Estándar	462.0	20.5	15.1	11.6	10.4	16.3	16.9	26.1	12.0	17.2	24.3	30.2	28.2	14.3
Coefic.	A	-25.9690	-37.2307	3.6918	25.5252	11.1535	63.2976	65.5533	95.1043	6.5001	-60.5913	-92.8480	-109.4884	-4.6085
Coefic.	B	0.0311	0.0308	0.0224	0.0183	0.0237	0.0124	0.0119	0.0079	0.0316	0.0524	0.0583	0.0582	0.0299
Coefic.	R	0.703	0.945	0.893	0.811	0.672	0.339	0.210	0.303	0.850	0.995	0.890	0.955	0.968
Mc. Querquecocha.	4,644	118.5	106.0	107.6	110.7	121.1	121.0	120.9	131.7	153.4	182.6	177.8	160.7	134.3

Nota: Se muestran datos de evaporación para cada mes según las estaciones meteorológicas.
Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 52 Precipitación media de la cuenca Querquecocha.

CUENCA 499986				Latitud	14° 38' 58.76"	S	Departamento		CUSCO					
QUERQUECOCHA				Longitud	71° 50' 34.02"	W	Provincia		CHUMBIVILCA					
				Altitud	4,644	msnm	Distrito		VELILLE					
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	156.5	157.6	138.0	58.1	20.0	0.0	0.5	2.6	12.0	32.8	47.5	107.0	732.6
2	1965	102.0	156.4	137.3	55.7	4.1	0.4	3.2	1.6	34.3	45.0	50.1	193.3	783.4
3	1966	117.2	182.3	99.5	18.1	33.0	0.0	0.0	2.3	22.9	96.9	105.7	119.7	797.6
4	1967	103.6	154.5	210.6	46.3	14.4	0.7	18.8	18.8	41.3	63.9	46.9	124.6	844.4
5	1968	240.0	160.3	166.4	36.2	11.7	5.8	22.6	14.8	22.6	88.8	124.8	96.6	990.5
6	1969	176.7	168.3	118.8	56.4	2.6	2.8	7.0	4.6	16.0	40.1	85.0	126.7	805.1
7	1970	223.9	191.0	143.4	64.1	6.9	0.3	3.4	3.9	50.9	40.9	44.3	182.0	954.9
8	1971	179.4	257.5	115.0	52.4	4.1	0.7	0.0	2.7	3.0	23.2	29.7	141.2	808.9
9	1972	230.4	148.5	159.3	57.8	5.3	0.0	10.4	17.7	28.8	46.1	57.8	137.5	899.7
10	1973	277.7	218.4	185.9	122.0	14.4	0.3	6.5	9.1	30.9	39.4	83.2	124.3	1112.1
11	1974	242.2	241.1	127.4	52.5	3.3	13.5	1.6	61.4	16.7	27.2	43.4	93.9	924.2
12	1975	193.3	206.4	146.4	71.6	34.0	3.5	0.0	3.1	27.7	47.9	48.9	167.4	950.3
13	1976	199.4	172.5	163.0	41.2	15.4	16.2	2.1	16.0	53.7	16.7	33.6	93.0	822.6
14	1977	95.3	243.6	126.4	28.6	8.6	0.0	4.5	0.5	29.4	55.8	104.7	99.7	797.1
15	1978	270.6	88.7	104.0	59.8	4.7	2.3	1.4	1.0	16.4	35.1	108.5	120.3	812.8
16	1979	183.9	126.2	158.6	46.4	6.8	3.2	1.0	13.0	22.6	50.1	56.1	129.3	797.1
17	1980	159.6	188.5	136.9	39.2	7.4	5.5	11.1	7.1	21.1	58.1	64.3	119.2	818.0
18	1981	207.6	146.9	189.1	42.9	14.4	4.3	0.4	12.8	23.9	71.7	75.1	126.0	915.2
19	1982	173.7	125.6	193.8	40.9	1.9	5.4	2.4	3.9	19.9	63.6	71.6	105.6	808.3
20	1983	204.4	146.3	152.7	30.8	5.0	5.6	0.8	2.9	23.2	30.0	45.5	140.1	787.4
21	1984	192.9	161.7	127.6	82.3	6.0	2.1	2.3	13.6	10.3	70.4	122.0	120.6	911.9
22	1985	150.9	182.2	128.2	63.0	28.3	12.7	1.2	15.3	33.8	73.5	192.4	123.7	1005.2
23	1986	188.0	146.4	155.5	88.8	9.0	2.5	1.7	10.0	19.6	50.6	85.7	143.8	901.6
24	1987	299.9	117.5	55.7	35.7	13.0	5.5	15.8	0.3	22.2	45.7	97.0	149.3	857.6
25	1988	268.5	183.1	145.6	92.2	5.6	1.0	2.0	0.1	11.1	17.2	32.4	107.2	866.1
26	1989	174.9	146.2	160.3	62.3	8.7	7.3	0.4	7.0	27.5	63.3	60.5	118.0	836.3
27	1990	138.4	170.9	143.5	61.5	20.1	21.8	0.2	7.3	13.6	67.7	75.2	133.3	853.5
28	1991	190.0	189.6	154.8	55.6	12.3	19.1	1.1	6.4	36.1	36.5	54.9	127.5	884.0
29	1992	137.2	108.7	95.6	33.4	2.1	13.1	0.6	38.4	6.6	61.5	78.7	78.0	653.9
30	1993	246.8	117.8	140.9	87.0	4.7	2.3	2.4	14.5	15.0	82.5	146.8	160.6	1021.4
31	1994	235.7	212.5	151.7	62.9	11.2	0.6	0.2	0.5	19.0	30.4	64.7	125.9	915.3
32	1995	145.2	138.2	186.4	48.0	8.1	0.7	1.8	2.6	23.3	30.4	77.9	138.0	800.5
33	1996	196.9	190.4	89.7	64.4	13.3	2.5	0.0	18.3	19.8	48.7	54.8	130.6	829.3
34	1997	222.8	209.6	142.1	41.5	8.4	0.0	1.8	25.1	38.7	33.9	118.4	112.3	954.6
35	1998	191.9	149.7	101.9	18.4	0.2	1.3	0.0	4.6	1.3	49.4	63.3	97.2	679.2
36	1999	163.8	226.3	146.7	90.9	8.9	7.3	0.5	1.0	42.8	46.3	35.0	133.7	903.1
37	2000	197.5	211.4	159.5	28.2	13.2	6.8	2.5	11.8	13.1	81.7	34.6	138.7	898.9
38	2001	285.3	242.9	212.6	73.2	21.7	1.6	13.3	10.3	18.3	41.2	67.6	120.0	1107.8
39	2002	132.4	252.8	153.7	85.5	20.6	1.8	24.1	3.9	33.4	79.3	95.2	143.4	1026.2
40	2003	166.2	176.6	188.5	50.1	8.4	5.0	0.1	7.1	17.1	28.8	50.0	133.7	831.5
41	2004	219.0	188.2	90.5	49.6	5.5	6.7	15.1	15.0	32.1	27.2	52.7	103.4	805.1
42	2005	115.2	169.9	136.3	49.6	1.9	0.6	0.7	3.1	7.1	47.9	58.9	151.9	743.0
43	2006	242.2	181.8	190.6	73.2	1.9	4.9	0.8	7.5	16.4	58.0	90.4	120.1	987.9
44	2007	157.3	136.7	165.1	59.0	7.8	0.0	4.4	0.0	11.1	39.8	79.0	108.3	768.6
45	2008	186.9	136.0	97.4	11.5	6.4	2.7	0.1	1.3	5.3	59.0	47.3	146.1	700.3
46	2009	128.1	142.4	131.1	36.1	9.6	2.4	8.2	6.3	21.1	22.8	227.4	112.3	847.9
47	2010	252.8	158.8	143.9	65.5	9.0	0.2	1.6	4.9	10.3	41.4	55.4	157.6	901.4
48	2011	185.1	224.4	127.0	67.2	7.6	1.7	3.6	3.4	57.7	24.6	49.4	149.1	900.8
49	2012	192.6	243.6	116.3	70.0	7.4	2.3	1.1	0.8	14.0	40.0	86.2	138.9	913.3
50	2013	227.8	139.3	129.1	26.6	6.9	7.0	1.3	12.6	9.1	47.5	60.7	158.2	826.0
51	2014	165.1	151.2	113.4	36.7	7.2	1.6	3.8	3.5	34.2	63.1	63.0	145.5	788.3
52	2015	182.6	167.1	133.9	81.0	14.2	3.5	7.6	8.2	12.3	25.8	46.8	138.1	821.2
53	2016	172.6	228.8	137.2	76.9	3.3	0.1	4.9	3.3	14.1	59.2	54.4	89.3	844.1
54	2017	184.3	167.1	146.0	57.2	21.4	1.3	2.1	8.0	14.7	58.0	72.1	110.2	842.5
	Media	190.3	175.0	142.1	55.7	10.2	4.1	4.2	8.8	22.2	48.6	73.7	128.0	862.78



Cuadro 53 Análisis de datos dudosos del registro de precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Yauri.

PARÁMETROS ESTADISTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	45.00	45
Sumatoria	1453.00	66.87
Valor Máximo	55.70	1.75
Valor Mínimo	14.60	1.16
Media:	32.29	1.486
Varianza:	107.57	0.021
Desviación Estándar:	10.37	0.146
Coficiente Variación:	0.32	0.098
Coficiente de Sesgo:	0.33	-0.2865
Se Considera:	Detectar Datos Dudosos bajos	

n= 45.00 Kn= 2.727 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 1.88$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 76.36 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

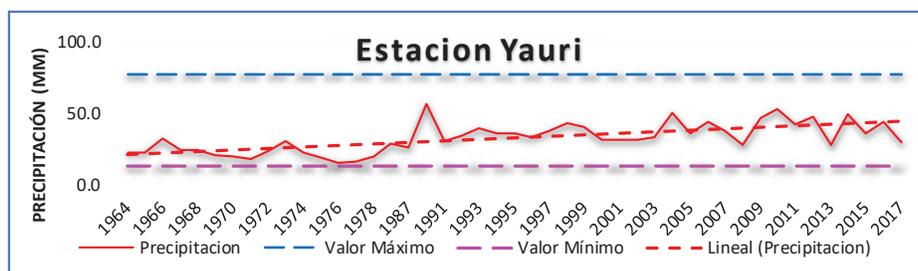
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 1.09$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 12.28 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA





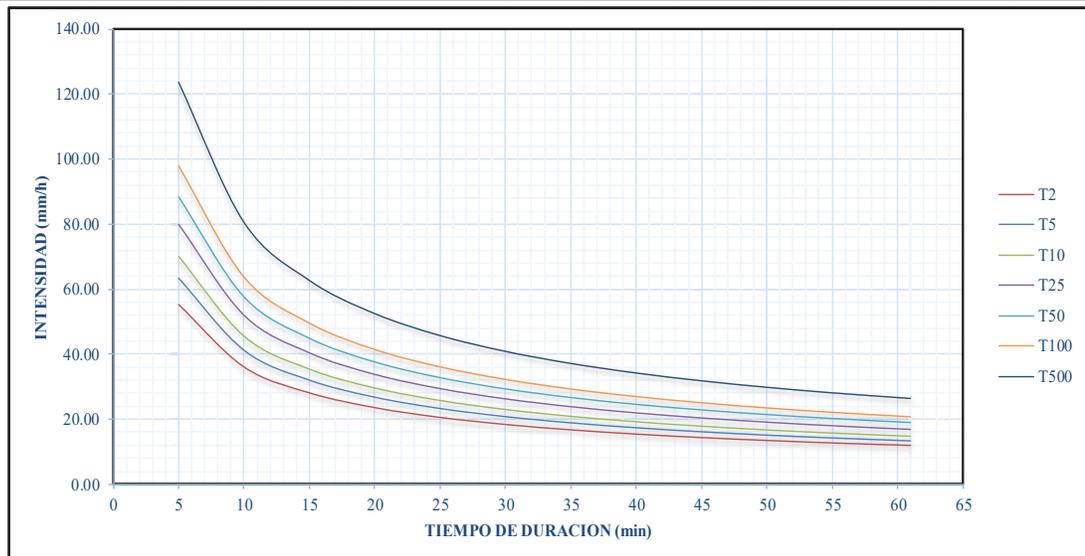
Cuadro 54 Ecuación de intensidad máxima para la cuenca Querquecocha.

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta

$$I = \frac{135.682 * T^{0.146}}{t^{0.619}}$$

Donde:
 I = intensidad de precipitación (mm/hr)
 T = Periodo de Retorno (años)
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
	años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2	55.43	36.10	28.09	23.51	20.47	18.29	16.63	15.31	14.23	13.33	12.57	11.79
5	63.34	41.25	32.09	26.86	23.40	20.90	19.00	17.49	16.26	15.23	14.36	13.47
10	70.06	45.62	35.50	29.71	25.88	23.12	21.01	19.35	17.99	16.85	15.89	14.90
25	80.06	52.13	40.56	33.95	29.57	26.41	24.01	22.11	20.55	19.26	18.15	17.03
50	88.55	57.67	44.87	37.55	32.71	29.22	26.56	24.45	22.73	21.30	20.08	18.83
100	97.95	63.79	49.63	41.54	36.18	32.32	29.38	27.05	25.15	23.56	22.21	20.83
500	123.80	80.62	62.73	52.50	45.73	40.85	37.13	34.19	31.78	29.78	28.07	26.33



I MAX			Coefficiente, sin ajuste	Coefficiente, ajuste	Dick
t =	61	minutos	61	61	61
T =	100	años	100	100	100
I =	20.83	mm/hr	17.60	19.89	29.48



ANEXO ENSAYOS GEOFISICOS

SEV-01

Cuadro 55 y Cuadro 56 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
1	1.0	0.5	89
2	1.3	0.5	95
3	1.5	1	99
4	1.8	1	101
5	2.0	1	121
6	2.3	1	132
7	2.5	1	142
8	2.8	1	154
9	3.0	1	165
10	3.3	2	174
11	3.5	2	185
12	3.8	2	195
13	4.0	2	185
14	4.3	2	199
15	4.5	2	214
16	4.8	2	245
17	5.0	2	269
18	5.3	2	312
19	5.5	2	425
20	5.8	2	465
21	6.0	3	495
22	6.3	3	562
23	6.5	3	636
24	6.8	3	711
25	7.0	3	765

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
26	7.3	3	802
27	7.5	3	869
28	7.8	3	895
29	8.0	3	959
30	8.3	3	1021
31	8.5	3	1121
32	8.8	3	1115
33	9.0	3	1095
34	9.3	3	1041
35	9.5	3	958
36	9.8	3	845
37	10.0	5	811
38	10.3	5	795
39	10.5	5	745
40	10.8	5	723
41	11.0	5	652
42	11.3	5	596
43	11.5	5	566
44	11.8	5	574
45	12.0	5	584
46	12.3	5	598
47	12.5	5	612
48	12.8	5	625
49	13.0	5	632
50	13.3	5	658

SEV-02

Cuadro 57 y Cuadro 58 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
76	19.8	5	1341
77	20.0	6	1421
78	20.3	6	1462
79	20.5	6	1522
80	20.8	6	1532
81	21.0	6	1544
82	21.3	6	1558
83	21.5	6	1565
84	21.8	6	1565
85	22.0	6	1569
86	22.3	6	1574
87	22.5	6	1585
88	22.8	6	1621
89	23.0	6	1644
90	23.3	6	1636
91	23.5	6	1651
92	23.8	6	1625
93	24.0	6	1635
94	24.3	6	1659
95	24.5	6	1699
96	24.8	6	1752
97	25.0	6	1954
98	25.3	6	1989
99	25.5	6	2051
100	25.8	6	2154

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
51	13.5	5	711
52	13.8	5	732
53	14.0	5	812
54	14.3	5	835
55	14.5	5	895
56	14.8	5	912
57	15.0	5	925
58	15.3	5	966
59	15.5	5	989
60	15.8	5	1021
61	16.0	5	1033
62	16.3	5	1041
63	16.5	5	1065
64	16.8	5	1055
65	17.0	5	1069
66	17.3	5	1089
67	17.5	5	1121
68	17.8	5	1162
69	18.0	5	1185
70	18.3	5	1232
71	18.5	5	1241
72	18.8	5	1202
73	19.0	5	1262
74	19.3	5	1295
75	19.5	5	1321



Cuadro 59 y Cuadro 60 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
1	1.0	0.5	159
2	1.3	0.5	163
3	1.5	1	179
4	1.8	1	193
5	2.0	1	201
6	2.3	1	195
7	2.5	1	184
8	2.8	1	210
9	3.0	1	220
10	3.3	2	245
11	3.5	2	285
12	3.8	2	359
13	4.0	2	399
14	4.3	2	458
15	4.5	2	557
16	4.8	2	621
17	5.0	2	722
18	5.3	2	796
19	5.5	2	821
20	5.8	2	912
21	6.0	3	856
22	6.3	3	968
23	6.5	3	1055
24	6.8	3	1144
25	7.0	3	1165

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
26	7.3	3	1085
27	7.5	3	1065
28	7.8	3	986
29	8.0	3	867
30	8.3	3	832
31	8.5	3	802
32	8.8	3	747
33	9.0	3	705
34	9.3	3	680
35	9.5	3	651
36	9.8	3	605
37	10.0	5	587
38	10.3	5	548
39	10.5	5	545
40	10.8	5	653
41	11.0	5	665
42	11.3	5	675
43	11.5	5	689
44	11.8	5	732
45	12.0	5	745
46	12.3	5	832
47	12.5	5	866
48	12.8	5	896
49	13.0	5	932
50	13.3	5	944

Cuadro 61 y Cuadro 62 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
51	13.5	5	987
52	13.8	5	1021
53	14.0	5	1124
54	14.3	5	1256
55	14.5	5	1358
56	14.8	5	1458
57	15.0	5	1254
58	15.3	5	1154
59	15.5	5	1066
60	15.8	5	1166
61	16.0	5	1185
62	16.3	5	1196
63	16.5	5	1266
64	16.8	5	1296
65	17.0	5	1254
66	17.3	5	1232
67	17.5	5	1288
68	17.8	5	1365
69	18.0	5	1385
70	18.3	5	1402
71	18.5	5	1433
72	18.8	5	1503
73	19.0	5	1522
74	19.3	5	1565
75	19.5	5	1584

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
76	19.8	5	1595
77	20.0	6	1621
78	20.3	6	1632
79	20.5	6	1602
80	20.8	6	1578
81	21.0	6	1605
82	21.3	6	1598
83	21.5	6	1632
84	21.8	6	1645
85	22.0	6	1685
86	22.3	6	1696
87	22.5	6	1702
88	22.8	6	1752
89	23.0	6	1788
90	23.3	6	1864
91	23.5	6	1925
92	23.8	6	2106
93	24.0	6	2145
94	24.3	6	2196
95	24.5	6	2203
96	24.8	6	2254
97	25.0	6	2298
98	25.3	6	2351
99	25.5	6	2396
100	25.8	6	2451



SEV-03

Cuadro 63 y Cuadro 64 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
1	1.0	0.5	245
2	1.3	0.5	256
3	1.5	1	267
4	1.8	1	278
5	2.0	1	296
6	2.3	1	302
7	2.5	1	321
8	2.8	1	396
9	3.0	1	458
10	3.3	2	585
11	3.5	2	695
12	3.8	2	714
13	4.0	2	822
14	4.3	2	862
15	4.5	2	902
16	4.8	2	941
17	5.0	2	989
18	5.3	2	1021
19	5.5	2	1096
20	5.8	2	1121
21	6.0	3	1135
22	6.3	3	1085
23	6.5	3	1045
24	6.8	3	1011
25	7.0	3	985

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
26	7.3	3	921
27	7.5	3	912
28	7.8	3	905
29	8.0	3	895
30	8.3	3	921
31	8.5	3	956
32	8.8	3	988
33	9.0	3	1021
34	9.3	3	1032
35	9.5	3	1036
36	9.8	3	1054
37	10.0	5	1065
38	10.3	5	1074
39	10.5	5	1089
40	10.8	5	1102
41	11.0	5	1132
42	11.3	5	1102
43	11.5	5	1098
44	11.8	5	1095
45	12.0	5	1056
46	12.3	5	1045
47	12.5	5	1065
48	12.8	5	1089
49	13.0	5	1096
50	13.3	5	1102

Cuadro 65 y Cuadro 66 Registro de Resistividades, AB/2 y MN.

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
51	13.5	5	1132
52	13.8	5	1145
53	14.0	5	1165
54	14.3	5	1189
55	14.5	5	1185
56	14.8	5	1232
57	15.0	5	1254
58	15.3	5	1299
59	15.5	5	1302
60	15.8	5	1332
61	16.0	5	1322
62	16.3	5	1352
63	16.5	5	1305
64	16.8	5	1296
65	17.0	5	1285
66	17.3	5	1302
67	17.5	5	1325
68	17.8	5	1365
69	18.0	5	1369
70	18.3	5	1385
71	18.5	5	1421
72	18.8	5	1432
73	19.0	5	1465
74	19.3	5	1498
75	19.5	5	1536

N°	AB/2 (m)	MN (m)	P (ohm*m)
76	19.8	5	1521
77	20.0	6	1502
78	20.3	6	1536
79	20.5	6	1596
80	20.8	6	1602
81	21.0	6	1655
82	21.3	6	1698
83	21.5	6	1705
84	21.8	6	1735
85	22.0	6	1765
86	22.3	6	1865
87	22.5	6	1899
88	22.8	6	1948
89	23.0	6	1999
90	23.3	6	2154
91	23.5	6	2168
92	23.8	6	2204
93	24.0	6	2256
94	24.3	6	2265
95	24.5	6	2269
96	24.8	6	2289
97	25.0	6	2296
98	25.3	6	2352
99	25.5	6	2385
100	25.8	6	2458



Cuadro 67 Especificaciones técnicas de la máquina perforadora

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PERFORADORA:
AÑO DE FABRICACIÓN: 2015
CAPACIDAD DE PERFORACION
PQ=500 metros.
HQ=1000 metros.
NQ=2000 metros.
BQ=2500 metros
MOTOR
Modelo= Cummins 6CT
HP=260 y RPM=2200.
SISTEMA HIDRAULICO
Bomba Principal: 250 CC Marca Rexroth.
Bomba Secundaria: 68 CC Marca Rexroth.
Bomba Auxiliar doble: 22-18 Marca Rexroth.
Tanque Hidráulico 150 Galones
UNIDAD DE ROTACION
Husillo de Perforación= PQ, HQ, NQ Y BQ.
Motor Hidráulico= 160CC marca Rexroth.
Caja Funk de 4 velocidades
MASTIL
Carrera de Pistón 3.20 metros total, de mástil 9.00 metros dividida en 2 cuerpos capacidad de inclinación de -45° hasta 90°.
DIMENSIONES DE MAQUINA
Ancho= 2.15 m. Largo= 4.20 m.
Alto =4.70 m. Peso= 18 TN.



Cuadro 68 Modelos empíricos de estimación de caudales máximos para la cuenca Querquecocha.

i.- Modelo de Mac Math clasico $Q = 0.0091 CIA^{0.8} S^{0.2}$ 133.80 m3/s **i.- Modelo de Mac Math corregido** 23.872 m3/s
 133796.834 l/s 23871.99 l/s
 A= Area de la cuenca 3638.00 Has
 S= Pendiente media del cauce 32.00 m/km
 I= Intesidad para periodo de retorno (mm/hr) 20.03

VEGETACION		SUELO		TOPOGRAFIA	
Cobertura (%)	C1	Textura	C2	Pendiente (%)	C3
100	0.08	Arenoso	0.08	0.0 – 0.20	0.04
80 - 100	0.12	Ligera	0.12	0.2 – 0.5	0.06
50 – 80	0.16	Media	0.16	0.5 – 2.0	0.06
20 – 50	0.22	Fina	0.22	2.0 – 5.0	0.10
0 - 20	0.30	Rocosa	0.30	5.0 – 10.0	0.15
			C = C1+C2+C3	C = 0.52	

0.47

ii.- Metodo Racional CLASICO $Q = CIA/360$ 80.97 m3/s **ii.- Metodo Racional CORREGIDO** 86.966 m3/s
 A= Area de la cuenca 3,638.00 Has 86966.32 l/s
 I= Intesidad para periodo de retorno (mm/hr) 20.03 80965.71 l/s

CUDAL DE DISEÑO 27.062 m3/s

Tipo de Vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco arenosa	Franco Arcillosa franco limosa	Arcillosa
Forestal	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 – 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.15	0.35	0.55
	10 – 30	0.20	0.40	0.60
Terrenos Cultivados	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.60	0.70
	10 – 30	0.50	0.70	0.80
				C = 0.40

46.25
59.51

iii.- Método de Burkly - Zieger: $Q = 0.022 CIA (S / A)^{0.25}$

A= Area de la cuenca 3,638.00 Has
 S= Pendiente media del cauce 32.00 m/km
 I= Intesidad MAXIMA diaria para periodo de retorno (cm/hr) $Q = 0,022 * C * A^{(3/4)} * I * S^{(1/2)}$ m/m 0.03

Valores para el coeficiente de Permeabilidad "C"	
Calles pavimentadas	0.750
Suelos ligeramente impermeables	0.700
Calles ordinarias de ciudad	0.625
Suelos ligeramente permeables	0.500
Campos deportivos	0.250
C = 0.700	

Q : gasto en m3/seg
 I : Intesidad de precipitacion en mm/h
 S : pendiente de la cuenca %
 A : área en Ha.
 C : coeficiente de escorrentía

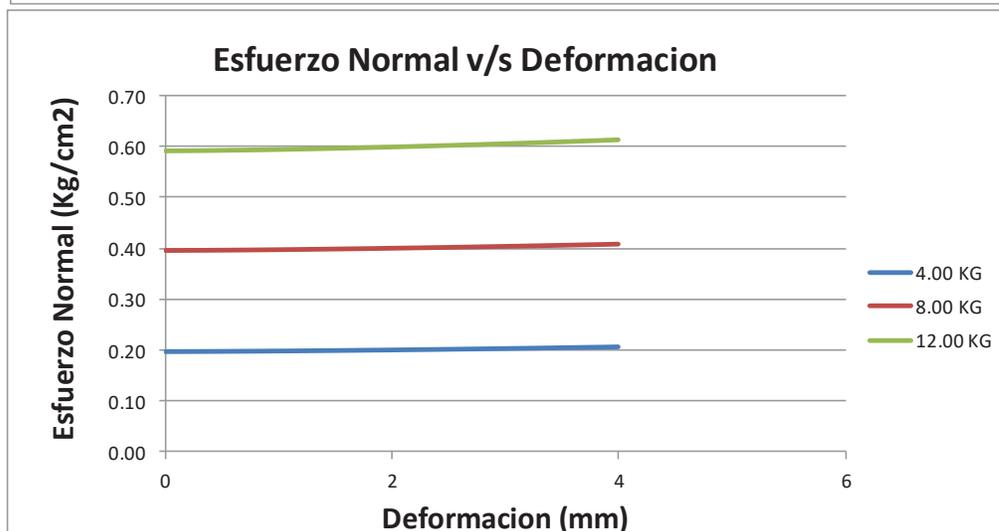
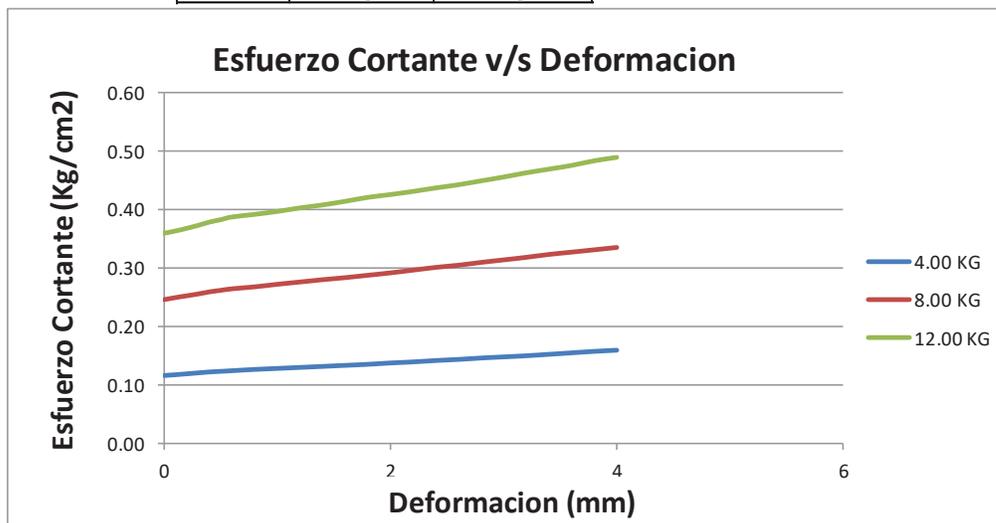
1.073254414

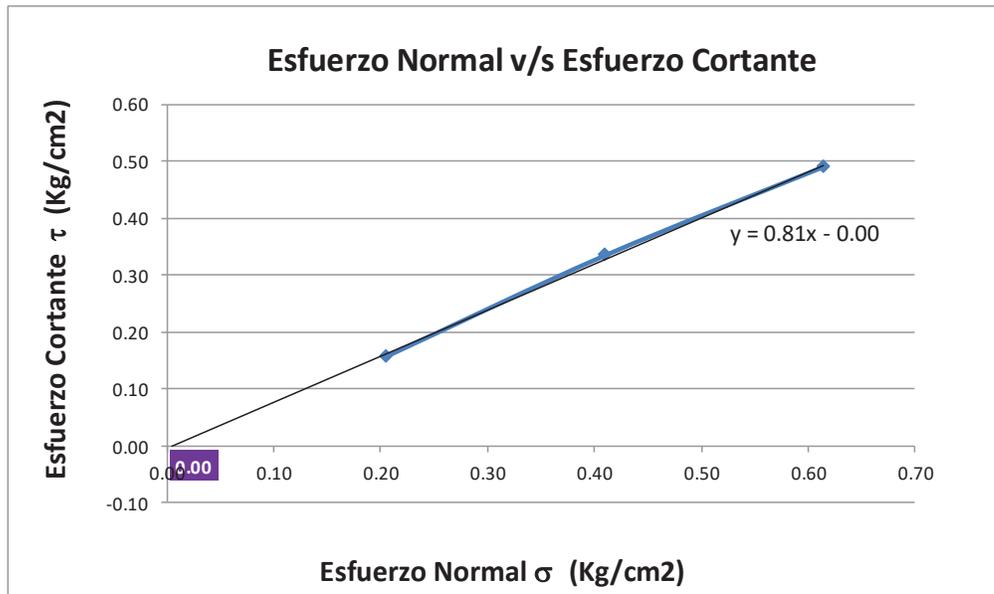
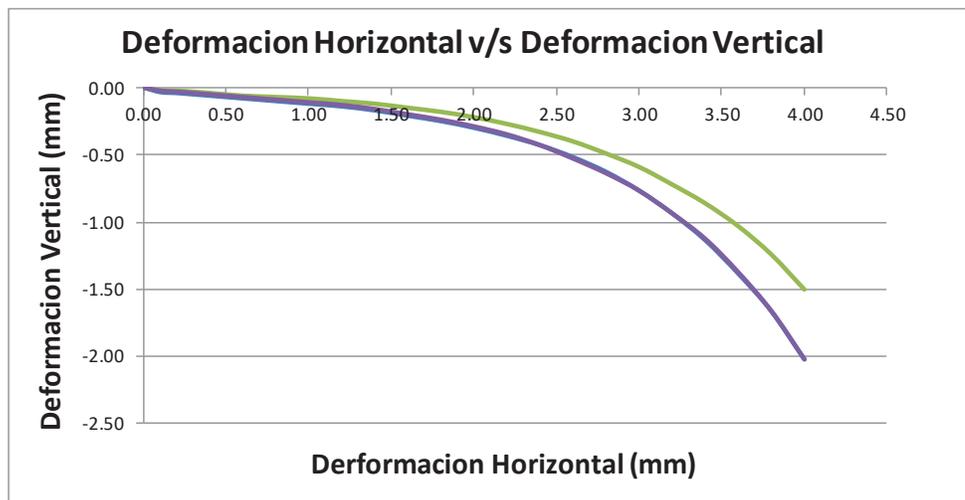
T (años)	Riesgo Falla	I	C				MAC MATH
			Mac Math	Racional	Burkli - Zieger	Racional corregido	
2	100.00%	11.330	75.682	45.798	19.440	49.19	16.3821
5	98.85%	12.950	86.504	52.347	22.219	56.23	29.4264
10	87.84%	14.330	95.722	57.925	24.587	62.22	30.3012
25	55.80%	16.370	109.349	66.171	28.087	71.08	30.6755
50	33.24%	18.110	120.972	73.205	31.072	78.63	32.0667
100	18.21%	20.030	133.797	80.966	34.367	86.97	35.9902
500	3.92%	25.310	169.066	102.309	43.426	109.89	



PUNTOS MAXIMOS DE ESFUERZO NORMAL Y ESFUERZO CORTANTE

CARGA (KG)	ESFUERZO CORTANTE	ESFUERZO NORMAL
4.00	0.158 kg/cm ²	0.205 kg/cm ²
8.00	0.334 kg/cm ²	0.410 kg/cm ²
12.00	0.489 kg/cm ²	0.615 kg/cm ²





Cohesion (C)= 0.00 Kg/cm²
tg(ϕ)= 0.810
 ϕ = 0.68 radianes
 ϕ = 39.01 °



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. El Eden Lote C-3, San Sebastian - Cusco, Tlf: 084 - 270342, RPC974279249, RPM : #998990111

Proyecto: “ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA QUERQUECCOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020”

Ubicación: PRESA QUERQUECCOCHA-VELILLE-CHUMBIVILCAS-CUSCO

Fecha: MARZO, 2020

Solicita: BACH. JEFFERSON CHARA HOLGUIN Y BACH. YOZMAN SONCCO MAMANI

UBICACIÓN	CIMENTACION
CALICATA	P-01
SUCS	GC-GM

TEORIA DE MEYERHOF

$$\Phi = 39.01$$

I.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$Nq = 1g(45 + \phi/2)$$

$$Nq = 2.10$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} Nq^2$$

$$e^{\pi \tan \phi} = 12.74$$

$$Nq = 56.01$$

$$Nc = Ct \phi (Nq - 1) = 67.92$$

$$Nc = 67.92$$

$$N\gamma = (Nq - 1) \tan(1.4\phi) = 77.44$$

$$N\gamma = 77.44$$

II.- FACTORES DE FORMA

Para $\phi=0$

Para $\phi > 10$

$$Fcs = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L}\right) \quad 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L}\right) \tan^2(45 + \phi/2) = 1.88$$

$$Fqs = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L}\right) \tan^2(45 + \phi/2) = 1.44$$

$$Fys = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L}\right) \tan^2(45 + \phi/2) = 1.44$$

III.- FACTORES DE PROFUNDIDAD

Para $\phi=0$

Para $\phi > 10$

$$Fcd = 1 + 0.2 \left(\frac{Df}{B}\right) \quad 1 + 0.2 \left(\frac{Df}{B}\right) \tan(45 + \phi/2) = 1.42$$

$$Fqd = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{Df}{B}\right) \tan(45 + \phi/2) = 1.21$$

$$F\gamma d = 1.00 \quad 1 + 0.1 \left(\frac{Df}{B}\right) \tan(45 + \phi/2) = 1.21$$

IV.- FACTORES DE INCLINACION

$$Fci = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1.00$$

Aquí β = Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

$$Fqi = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1.00$$

$$F\gamma i = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1.00$$



V.- FACTORES DE COMPRESIBILIDAD DEL SUELO

$$I_r = \frac{G_s}{c' + q' \tan \phi} = 156.22$$

Donde:

G_s= Modulo cortante del suelo

q'= Presion efectiva de sobre carga a una profundidad de D_f+B/2

$$I_r(cr) = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[\left(3.30 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cot \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right] \right\} = 196.96$$

Si I_r > I_r(cr)

F_{cc}, F_{qc} y F_{γc} = 1

Si I_r < I_r(cr)

$$F_{qc} = F_{\gamma c} = \exp \left[\left(-4.4 - 0.60 \frac{B}{L} \right) \tan \phi + \left[\frac{(3.07 \sin \phi)(\log 2 I_r)}{1 + \sin \phi} \right] \right]$$

F_{qc} = F_{γc} = 0.34

$$F_{cc} = 0.32 + 0.12 \frac{B}{L} + 0.60 \log I_r = 1.76$$

$$G_s = \frac{E_s}{2(1 + \mu)} = 76.92$$

E = Modulo de Elasticidad = 200.00 kg/cm²

μ = Relacion de poisson = 0.30

VI.- RESUMEN DE FACTORES Y VALORES

γ_{esp} = 2.25

c = 0.00

N_q = 56.01

N_c = 67.92

N_γ = 77.44

F_{cs} = 1.88

F_{qs} = 1.44

F_{γs} = 1.44

F_{cd} = 1.42

F_{qd} = 1.21

F_{γd} = 1.21

F_{ci} = 1.00

F_{qi} = 1.00

F_{γi} = 1.00

F_{cc} = 1.76

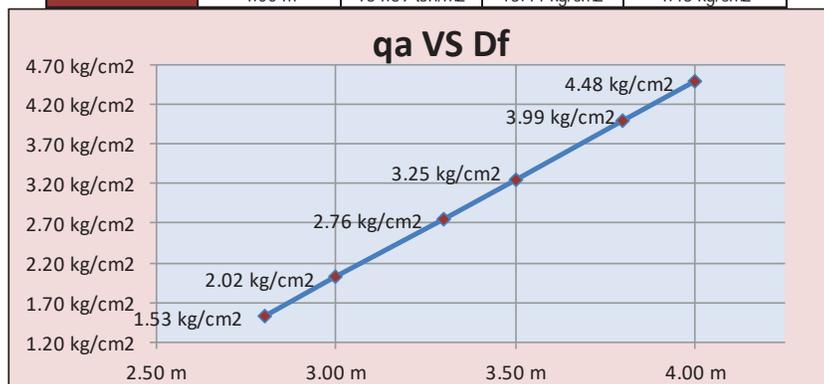
F_{qc} = 0.34

F_{γc} = 0.34

ECUACION GENERAL DE LA CAPACIDAD DE CARGA: q_c

$$q_c = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} F_{cc} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} F_{qc} + 0.5 \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} F_{\gamma c}$$

D _f	D _f	q _c	q _c	q _a
	2.80 m	45.90 ton/m ²	4.59 kg/cm ²	1.53 kg/cm ²
	3.00 m	60.65 ton/m ²	6.06 kg/cm ²	2.02 kg/cm ²
	3.30 m	82.77 ton/m ²	8.28 kg/cm ²	2.76 kg/cm ²
	3.50 m	97.52 ton/m ²	9.75 kg/cm ²	3.25 kg/cm ²
	3.80 m	119.64 ton/m ²	11.96 kg/cm ²	3.99 kg/cm ²
	4.00 m	134.39 ton/m ²	13.44 kg/cm ²	4.48 kg/cm ²





- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. El Eden Lote C-3 , San Sebastian - Cusco, Tif: 084 - 270342, RPC974279249, RPM : #998990111

Proyecto: “ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA QUERQUECCOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020”

Ubicación: PRESA QUERQUECCOCHA-VELILLE-CHUMBIVILCAS-CUSCO

Fecha: MARZO, 2020

BACH. JEFFERSON CHARA HOLGUIN Y BACH. YOZMAN

Solicita: SONCCO MAMANI

UBICACIÓN	CIMENTACION
CALICATA	P-01
SUCS	GC-GM

TEORIA DE VESIC

$$\Phi = 39.01$$

I.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N\phi = \text{tg}(45 + \phi/2)$$

$$N\phi = 2.10$$

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} N\phi^2$$

$$e^{\pi \tan \phi} = 12.74$$

$$Nq = 56.01$$

$$Nc = Ct \phi (Nq - 1) = 57.92$$

$$Nc = 67.92$$

$$N\gamma = 2(Nq + 1) \tan \phi = 2.36$$

$$N\gamma = 92.36$$

II.- FACTORES DE FORMA

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{Nq}{Nc}\right) = 1.82$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi = 1.81$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right) = 0.60$$

III.- FACTORES DE PROFUNDIDAD

Para $Df/B \leq 1$	Para $Df/B > 1$	
$F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{Df}{B}\right)$	$1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B}\right)$	= 1.40

$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen} \phi)^2 \frac{Df}{B}$	$1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen} \phi)^2 \tan^{-1} \frac{Df}{B}$	= 1.22
---	--	--------

$F_{\gamma d} = 1.00$	1.00	= 1.00
-----------------------	------	--------

IV.- FACTORES DE INCLINACION

$F_{ci} = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1.00$	Aquí β = Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical
---	--

$F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1.00$

$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 = 1.00$



ANEXOS GEOTECNIA – ASENTAMIENTOS INMEDIATOS ELASTICOS - SUELOS



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. El Eden Lote C-3 , San Sebastian - Cusco , Tlf: 084 - 270342, RPC974279249, RPM : #998990111

Proyecto: “ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA QUERQUECCOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020”

Ubicación: PRESA QUERQUECCOCHA-VELILLE-CHUMBIVILCAS-CUSCO

Muestra: ALTERADA

Fecha: MARZO, 2020

Solicitante: BACH. JEFFERSON CHARA HOLGUIN Y BACH. YOZMAN SONCCO MAMANI

Hecho por: Ing. Hugo Cuba Benavente

Ing. Responsable: Hugo Cuba Benavente

CALICATA	P-01
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	CIMENTACION

CALCULO DE ASENTAMIENTO INMEDIATO EN LA CIMENTACION

CENTRO

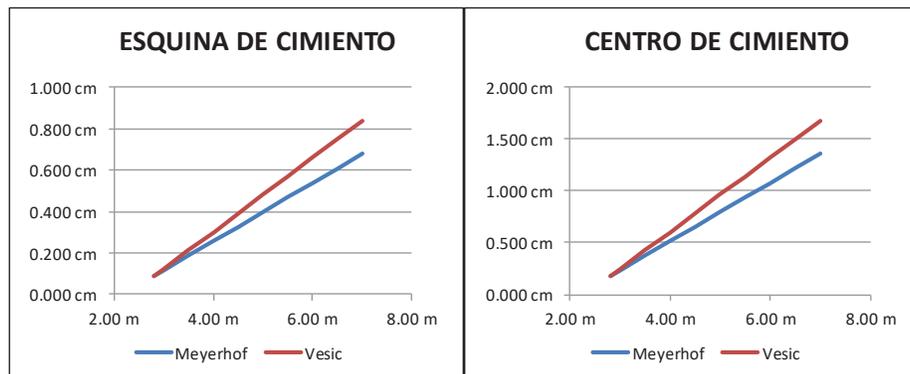
ESQUINA

$$S = 2 * q * B * \frac{1-u^2}{E} * N$$

$$S = q * B * \frac{1-u^2}{E} * N$$

B= 40.50 m
L= 400.00 m
E= 200.00 Kg/cm2
N= 0.56
μ= 0.30

Df	qa		Asentamiento			
			Meyerhof		Vesic	
	Meyerhof	Vesic	Esquina	Centro	Esquina	Centro
2.80 m	1.53 kg/cm2	1.52 kg/cm2	0.088 cm	0.175 cm	0.087 cm	0.174 cm
3.00 m	2.02 kg/cm2	2.14 kg/cm2	0.116 cm	0.232 cm	0.123 cm	0.246 cm
3.50 m	3.25 kg/cm2	3.70 kg/cm2	0.186 cm	0.373 cm	0.212 cm	0.425 cm
4.00 m	4.48 kg/cm2	5.27 kg/cm2	0.257 cm	0.514 cm	0.302 cm	0.604 cm
4.50 m	5.71 kg/cm2	6.83 kg/cm2	0.327 cm	0.655 cm	0.391 cm	0.783 cm
5.00 m	6.94 kg/cm2	8.39 kg/cm2	0.398 cm	0.795 cm	0.481 cm	0.962 cm
5.50 m	8.17 kg/cm2	9.95 kg/cm2	0.468 cm	0.936 cm	0.570 cm	1.141 cm
6.00 m	9.40 kg/cm2	11.51 kg/cm2	0.539 cm	1.077 cm	0.660 cm	1.320 cm
6.50 m	10.62 kg/cm2	13.07 kg/cm2	0.609 cm	1.218 cm	0.749 cm	1.499 cm
7.00 m	11.85 kg/cm2	14.63 kg/cm2	0.680 cm	1.359 cm	0.839 cm	1.678 cm



S= Asentamiento, en cm
qa= Presion de contacto, en Kg/cm2
B= Ancho del area cargada, en cm
E= Modulo de elasticidad del suelo, en Kg/cm2
N= Valor de influencia que depende de la relacion largo a ancho (L/B) del area cargada
μ= Modulo de poisson que depende del tipo de suelo

Si; Df=B se considerara 75% del asentamiento

Si; Df>B se considerara 50% del asentamiento

Smax= 1.678 cm okj Sdif= 1.258 cm okj

Se puede observar que los asentamientos a diferentes profundidades estan dentro de los parametros permisibles



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. El Eden Lote C-3 , San Sebastian - Cusco, Tlf: 084 - 270342, RPC974279249, RPM: #998990111

Proyecto: “ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA QUERQUECCOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020”

Ubicación: PRESA QUERQUECCOCHA-VELILLE-CHUMBIVILCAS-CUSCO

Muestra: ALTERADA

Fecha: MARZO, 2020

Solicitante: BACH. JEFFERSON CHARA HOLGUIN Y BACH. YOZMAN SONCCO MAMANI

CALICATA	P-01
SUCS	GC-GM
UBICACIÓN	CIMENTACION

BULBO DE PRESIONES

$$\sigma_z = \left(\frac{3P}{2 * \pi * z^2} \right) * \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2} \right)^{5/2}$$

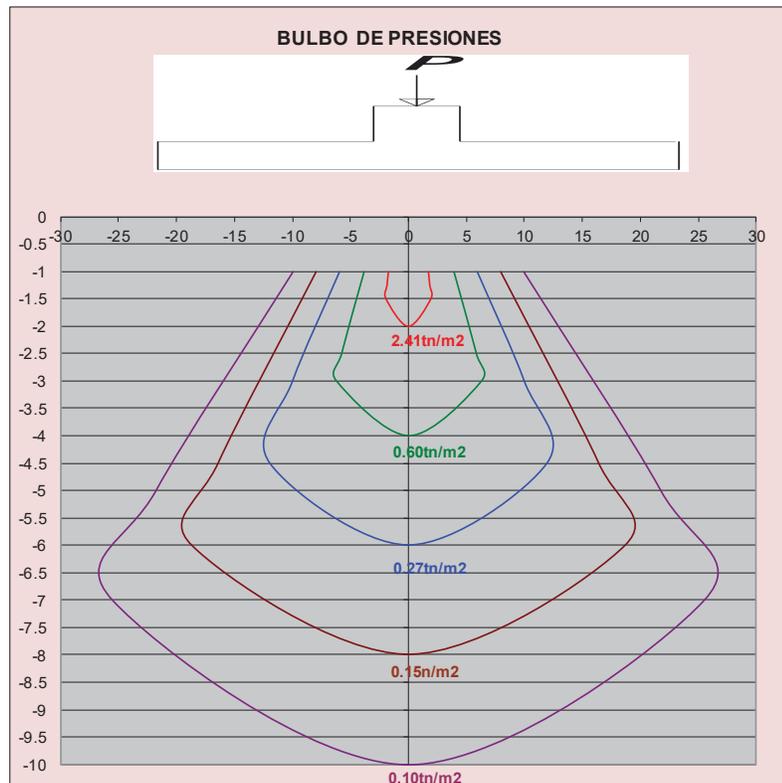
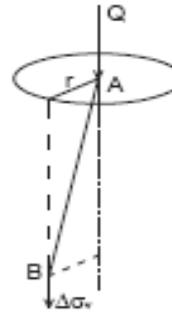
Tambien se puede expresar de la siguiente manera

$$\sigma_z = K_B * \frac{P}{z^2}$$

Donde:

$$K_B = \frac{0.4775}{\left(1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right)^{5/2}}$$

P= 20.22 Ton/m²



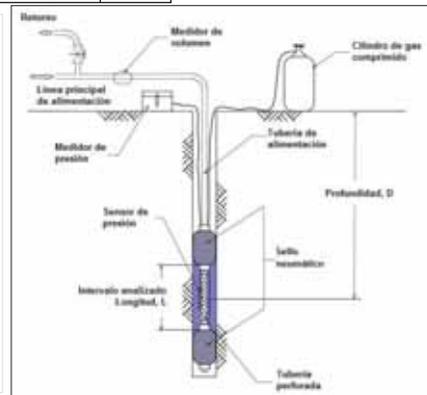
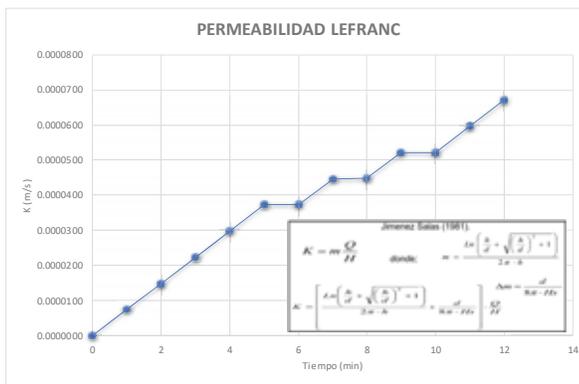


ANEXOS GEOTECNIA – PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN ROCAS A CARGA VARIABLE - METODO LEFRANC ASTM D4631-95

POZO N°3	ENSAYO DE LEFRANC (SUELOS)	
FONDO DE PERFORACION (P)	18.00 m	1800 cm
FONDO DE ENTUBACION (E)	15.00 m	1500 cm
LONGITUD DE PERFORACION (L)	73.20 m	7320 cm
NIVEL FREATICO (F)	8.40 m	840 cm
DIAMETRO DE PERFORACION (d)	89.00 mm	8.900 cm
VOLUMEN ADMITIDO (V)	18.00 litros	18000 cm ³
TIEMPO (t)	12.00 min	720 s
LONGITUD DEL TRAMO ENSAYADO (h)		300 cm
LONGITUD DEL TRAMO SATURADO (Hs)		23.40 cm
LONGITUD DEL TRAMO DE LLENADO (H)		300 cm
CAUDAL (Q)	485.041 l/s	485.041 cm ³ /s
COEFICIENTE DE FORMA "m"	0.002234057	$\Delta m = 0.01513332$
PERMEABILIDAD (K)	0.028079621 cm/s	0.0002808 m/s

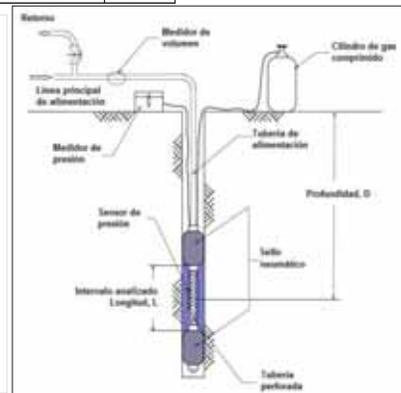
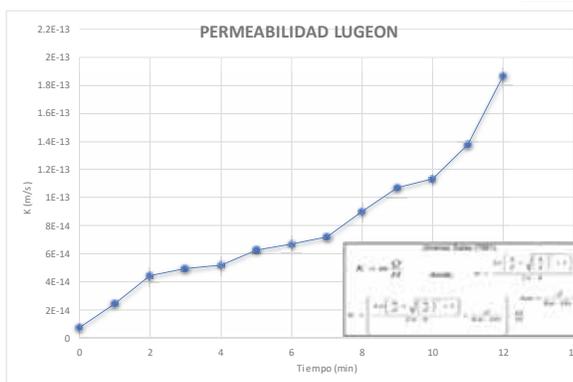
DATOS EL ENSAYO					
Tiempo (min.)	Tiempo (s)	Litros	Q (cm ³ /s)	K (cm/s)	k (m/s)
0	0	0.3	0.000	0.000000000	0.0000000
1	60	0.5	100.333	0.000747168	0.0000075
2	120	0.6	200.000	0.001489371	0.0000149
3	180	0.7	300.667	0.002239024	0.0000224
4	240	0.9	400.220	0.002980381	0.0000298
5	300	1.2	500.144	0.003724501	0.0000372
6	360	1.5	600.960	0.003730577	0.0000373
7	420	1.6	600.240	0.004469901	0.0000447
8	480	1.8	600.960	0.004475263	0.0000448
9	540	1.9	700.155	0.005213954	0.0000521
10	600	2	700.990	0.005220172	0.0000522
11	660	2.4	800.540	0.005961507	0.0000596
12	720	2.6	900.320	0.006704554	0.0000670
V. TOTAL ADMITIDO		18.0			



ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN ROCAS A CARGA VARIABLE - METODO LUGEON ASTM D4631-95

POZO N°2	ENSAYO DE LUGEON (ROCA)	
FONDO DE PERFORACION (P)	15.00 m	1500 cm
FONDO DE ENTUBACION (E)	12.00 m	1200 cm
LONGITUD DE PERFORACION (L)	20.60 m	2060 cm
NIVEL FREATICO (F)	0.60 m	60 cm
DIAMETRO DE PERFORACION (d)	89.00 mm	8.900 cm
VOLUMEN ADMITIDO (V)	18.00 litros	18000 cm ³
TIEMPO (t)	12.00 min	720 s
LONGITUD DEL TRAMO ENSAYADO (h)		300 cm
LONGITUD DEL TRAMO SATURADO (Hs)		12.60 cm
LONGITUD DEL TRAMO DE LLENADO (H)		300 cm
CAUDAL (Q)	1.04931E-06 l/s	1.0493E-06 cm ³ /s
COEFICIENTE DE FORMA "m"	0.002234057	$\Delta m = 0.02810474$
PERMEABILIDAD (K)	1.06116E-10 cm/s	1.0612E-12 m/s

DATOS EL ENSAYO					
Tiempo (min.)	Tiempo (s)	Litros	Q (cm ³ /s)	K (cm/s)	k (m/s)
0	0	0.100	1E-07	7.44686E-13	7.44686E-15
1	60	0.211	3.33E-07	2.4798E-12	2.4798E-14
2	120	0.322	6E-07	4.46811E-12	4.46811E-14
3	180	0.433	6.67E-07	4.96705E-12	4.96705E-14
4	240	0.544	7E-07	5.2128E-12	5.2128E-14
5	300	0.655	8.44E-07	6.28515E-12	6.28515E-14
6	360	0.766	8.99E-07	6.69472E-12	6.69472E-14
7	420	0.877	9.66E-07	7.19366E-12	7.19366E-14
8	480	0.988	1.21E-06	9.0107E-12	9.0107E-14
9	540	1.099	1.44E-06	1.07235E-11	1.07235E-13
10	600	1.210	1.52E-06	1.13341E-11	1.13341E-13
11	660	1.321	1.85E-06	1.37767E-11	1.37767E-13
12	720	1.432	2.51E-06	1.86916E-11	1.86916E-13
V. TOTAL ADMITIDO		10.0			





ANEXOS GEOTECNIA – TUBIFICACION



- CONSULTORIA, ELABORACION DE PROYECTOS, EJECUCION Y SUPERVISION DE OBRAS CIVILES Y DE ARQUITECTURA.
 - LABORATORIO DE GEOTECNIA Y MATERIALES.
 - Urb. El Eden Lote C-3, San Sebastian - Cusco, TIF: 270342, Claro: 974279249, Movistar: 998990111, RPM: #998990111

Proyecto: “ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DELCUSO”

Ubicación: VELILLE - CHUMBIVILCAS - CUSCO

Muestra: **SUELO DE FUNDACION**

Fecha: MAYO, 2022

Solicitante: Bach. JEFFERSON CHARA HOLGUIN. Y Bach. YOZMAN EDISON SONCCO MAMANI.

FORMULA GENERAL

$$\Delta h_t = \Delta Z + \frac{\Delta p_t}{\rho_w g} = \frac{4\tau_t}{\rho_w g D_t} \frac{L}{D_t} \quad (1)$$

SABIENDO QUE:

$$\Delta h_t = i_t \cdot L \quad (2)$$

SE REEMPLAZARA (3) EN (1)
 IGUALAMOS (1) Y (2), DE DONDE SE OBTIENE:

$$\tau_t = \rho_w \cdot g \cdot i_t \frac{D_t}{4}$$

Ecuacion del esfuerzo cortante para un instante t (N/m²).

Donde:
 Δh_t (m): caída de presión a lo largo del orificio en el tiempo t sobre una longitud L.
 ΔZ (m): diferencia de dimensión entre los extremos del agujero.
 Δp_t (N/m²): diferencia de presión sobre la longitud del agujero en el tiempo t.
 ρ_w (Kg/m³): densidad del fluido.
 g (m/s²): aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).
 τ_t (N/m²): esfuerzo cortante en el fluido en la superficie de contacto con el agujero en el tiempo t.
 D_t (m): diámetro del agujero en el tiempo t.
 L (m): longitud del agujero.
 i_t : gradiente hidráulico sobre la longitud del agujero en el tiempo t.

PARA DETERMINAR LA TASA DE EROSION (kg/m²/s)

$$e_t = \frac{\rho_d}{2} \frac{dD_t}{d_t}$$

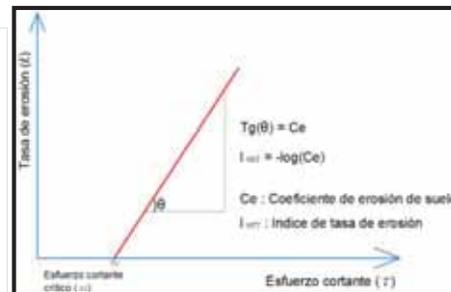
Tasa de erosión del suelo

DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO SE TIENE

TIEMPO DE FLUJO 30.00 min

E_t (kg/s/m ²)	0.65	0.85	1.00	1.25	1.45	1.60	*10 ⁻⁷
L_t (N/m ²)	250.00	300.00	350.00	400.00	450.00	550.00	

MUESTRA	TIEMPO DEL ENSAYO	PRESION		CAUDAL DE INGRESO	DIAMETRO		MATERIAL DE ARRASTRE (g/l)		
		MAXIMA (Bar)	MINIMA (Bar)		INICIAL (mm)	FINAL (mm)	10 min	20 min	30 min
M-01	30.00 min	1.85	0.65	21.25	3.00	5.50	1.25	0.98	0.85



$tg(\theta) = 0.421$
 $\phi = 0.40$ radianes
 $\phi = 22.85^\circ$

ENTONCES, SE TIENE:

$C_e = 0.42 \text{ kg/(s}^2\text{m}^2)$	Coefficiente de erosión
$I_{HET} = 0.38$	Indice de tasa de erosión

DEL ENSAYO SE TIENE

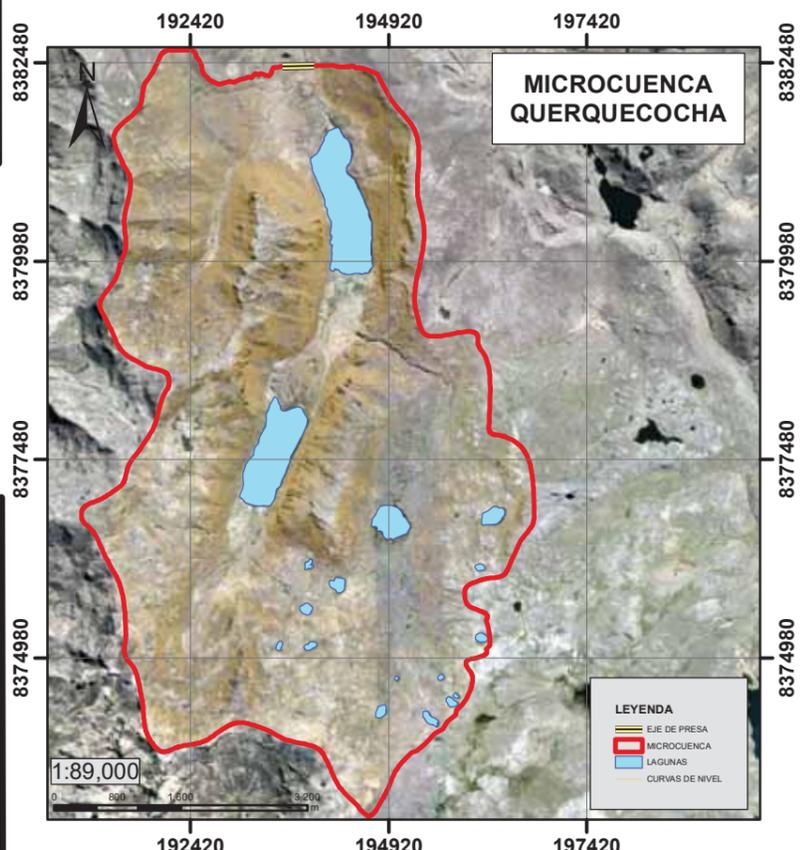
E_t Ton/Ha*Año	CLASIFICACION
35.74	BAJA

TIPO DE EROSION	RANGO Ton/Ha*Año	Clasificación
1	<50	BAJA
2	50-100	MEDIA
3	100-150	CONSIDERABLE
4	150-200	ALTA
5	200-250	MUY ALTA
6	>250	EXTREMA

Clasificación de la erosión potencial en el ámbito nacional (fuente: Agroasemex, S.A.)

PLANO DE UBICACION DEL PROYECTO

UBICACION POLITICA Y GEOGRAFICA



UBICACIÓN POLITICA DEL PROYECTO	
DEPARTAMENTO	CUSCO
PROVINCIA	CHUMBIVILCAS
DISTRITO	VELILLE
COMUNIDAD	COLLANA

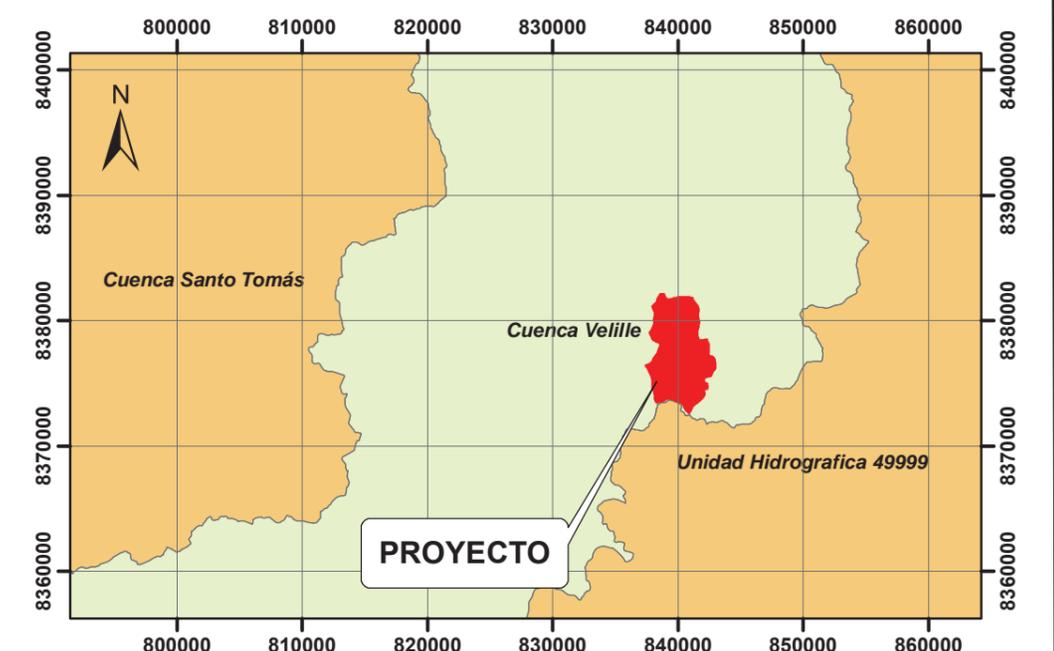
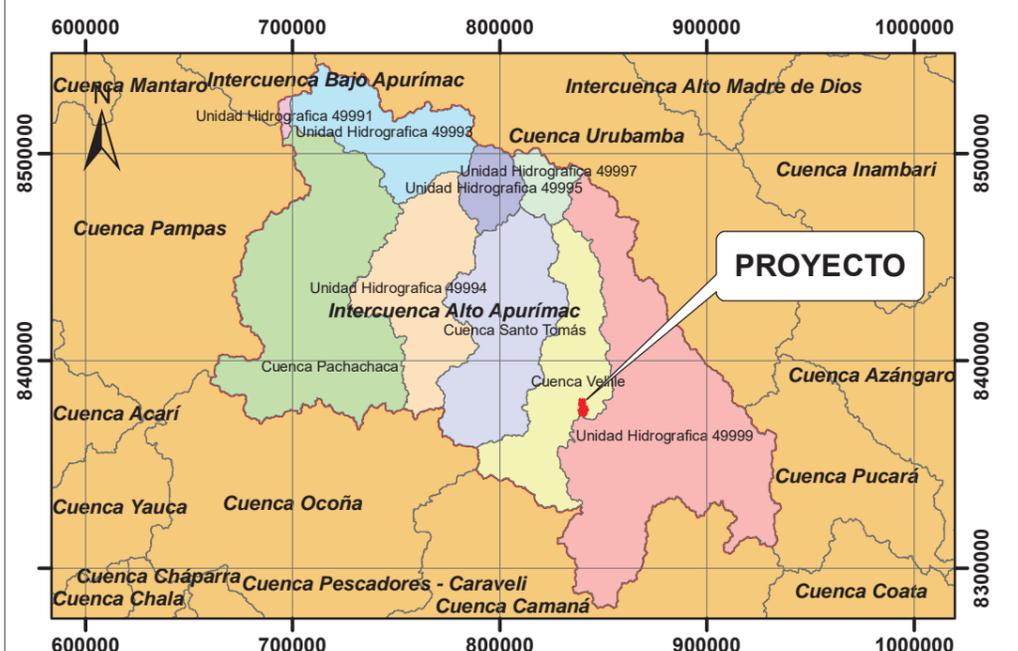
LIMITES POLITICOS	
NORTE	CP. CASABLANCA Y TUNTUMA
SUR	CP. DE CHILLOROYA
ESTE	MINERA HUDBAY
OESTE	CULLAHUATA

UBICACIÓN GEOGRAFICA	
DATUM	WGS 84
ZONA	19L
ESTE (m)	193840.68
NORTE (m)	8382380.26
ALTITUD (msnm)	4322

LIMITES HIDROGRAFICOS	
NORTE	CUENCA DE SANTO TOMAS
SUR	LLACTATUYO
ESTE	CUENCA ALTO URUBAMBA
OESTE	CUENCA SAMANA

UBICACIÓN HIDROGRAFICA DEL PROYECTO	
VERTIENTE HIDROGRAFICA	ATLANTICO
INTERCUENCA	ALTO APURIMAC
CUENCA	VELILLE
MICROCUENCA	QUEQUECOCHA

UBICACION HIDROGRAFICA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

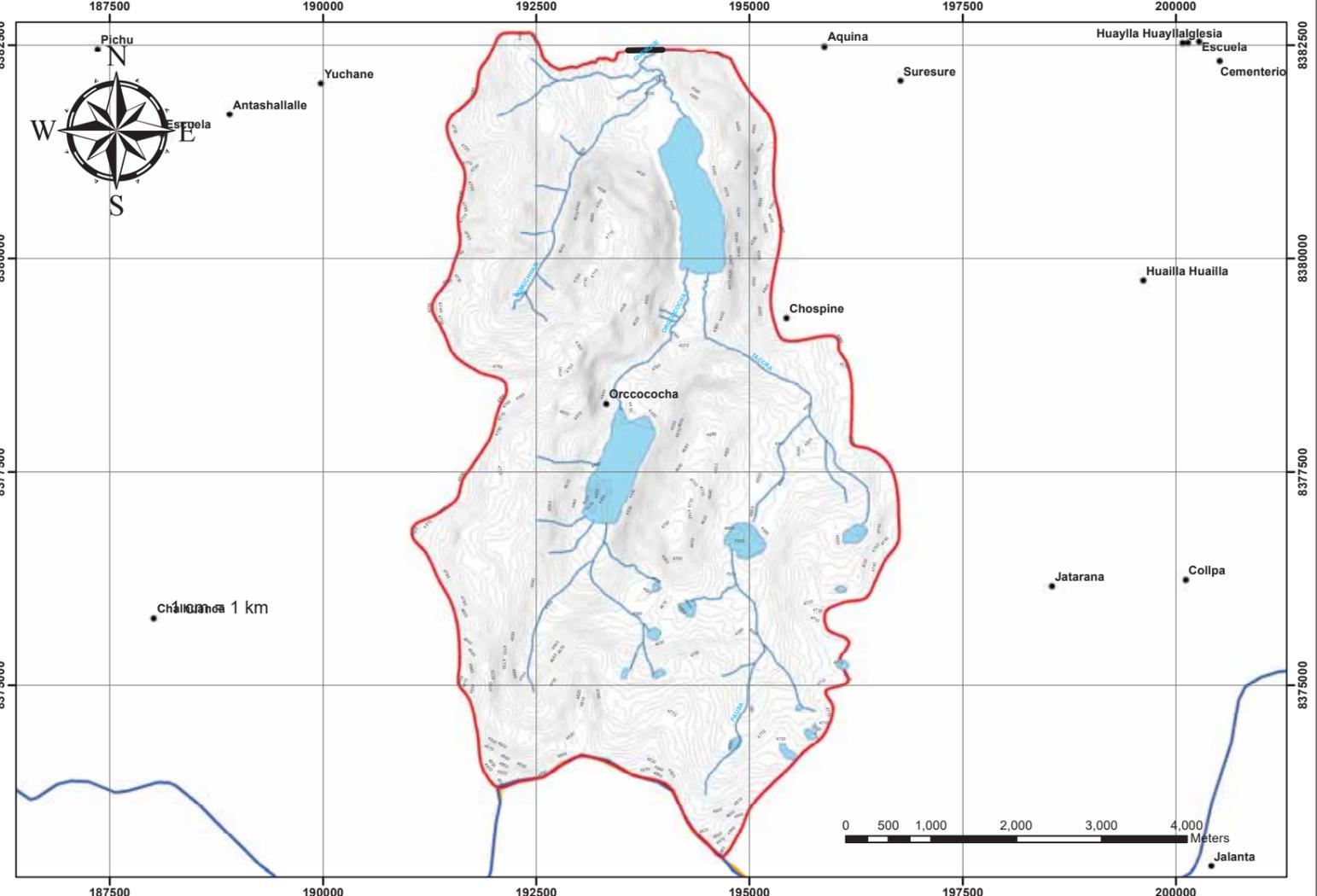
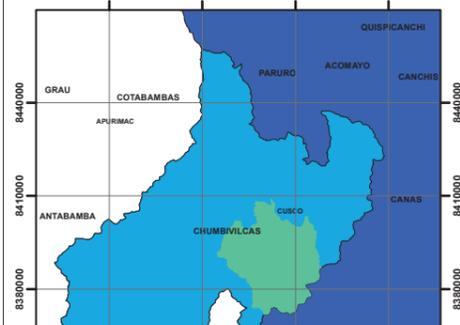
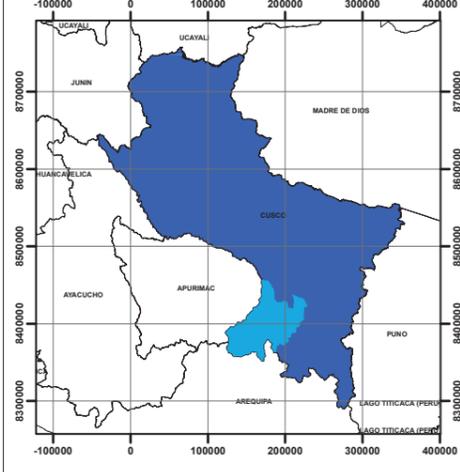
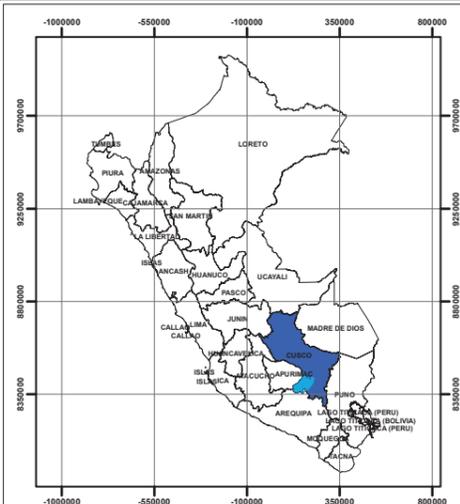


TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUEQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2020"

FUENTE: * SAC PLANET * GOOGLE MAPPER * GOOGLE EARTH	PLANO: PLANO DE UBICACION POLITICA, GEOGRAFICA E HIDROGRAFICA	UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHUMBIVILCAS DISTRITO: VELILLE COMUNIDAD: COLLANA
REALIZADO POR: BACH. CHARA HELDIN JEFFERSON BACH. SONCOCO MARIAN YONAYVE	REVISADO POR: ING. CARLOS BARRIENTOS GUZMAN	N° DE LAMINA: GM 01
DATUM: WGS 84 ZONA: 19L ESCALA: 1:45,000 FECHA DE REALIZACION: FEBRERO, 2020 FECHA DE REVISION: MARZO, 2020	INDICADA:	

1 CM, CENTIMETRO = 1 KM, KILOMETRO

MAPA TOPOGRAFICO

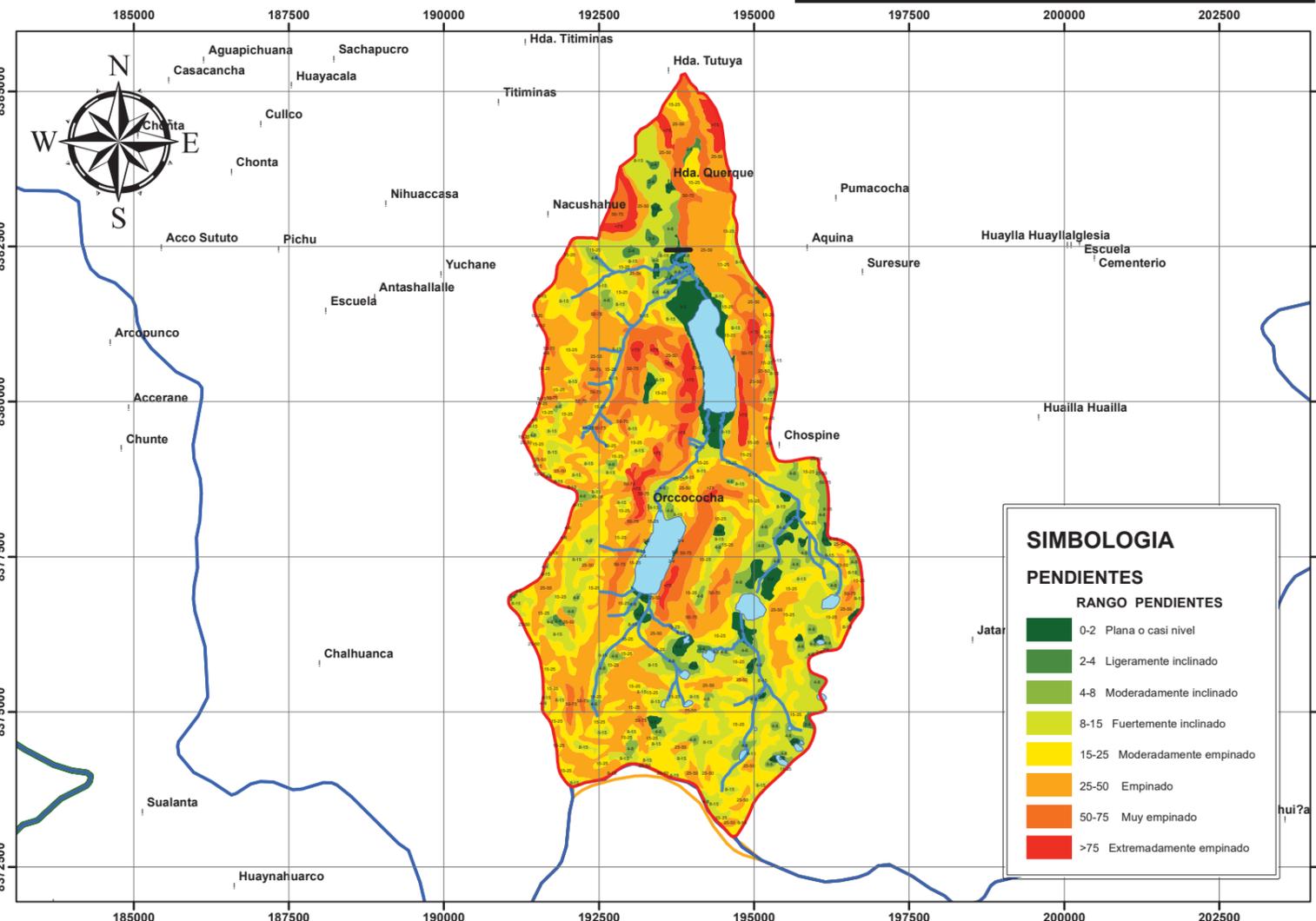


DISTRITO	LEYENDA		VELILLE
PROVINCIA			CHUMBIVILCAS
			CUSCO
DEPARTAMENTO			LAGUNAS
			MICROCENCUA QUERQUE
			EJE DE PRESA
			PUEBLOS
			DRENAJE QUERQUE

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA	
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020"			
FUENTE: GOOGLE EARTH	PLANO: MAPA DE TOPOGRAFICO	UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHUMBIVILCAS	

1 CM, CENTIMETRO = 1 KM, KILOMETRO

MAPA DE PENDIENTES

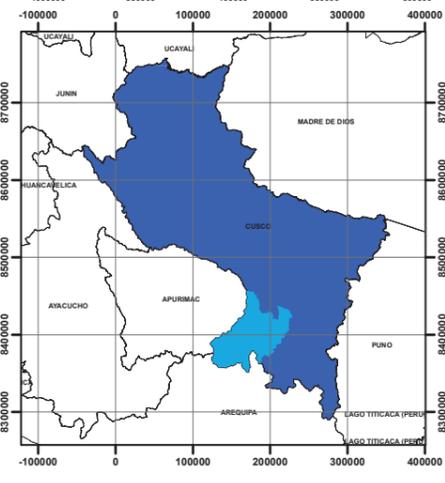
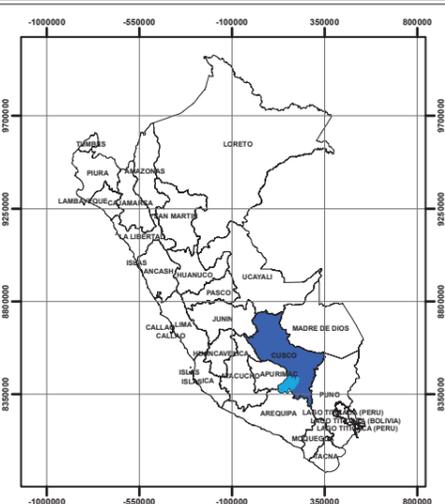


SIMBOLOGIA

PENDIENTES

RANGO PENDIENTES

- 0-2 Plana o casi nivel
- 2-4 Ligeramente inclinado
- 4-8 Moderadamente inclinado
- 8-15 Fuertemente inclinado
- 15-25 Moderadamente empinado
- 25-50 Empinado
- 50-75 Muy empinado
- >75 Extremadamente empinado



DISTRITO

- VELILLE

PROVINCIA

- CHUMBIVILCAS

DEPARTAMENTO

- CUSCO

LEYENDA

- EJE DE PRESA
- UH_4999868
- PUEBLOS
- DRENAJE_QUERQUE
- LAGUNAS
- VELILLE
- CHUMBIVILCAS
- CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

UBICACION: CUSCO, CHUMBIVILCAS

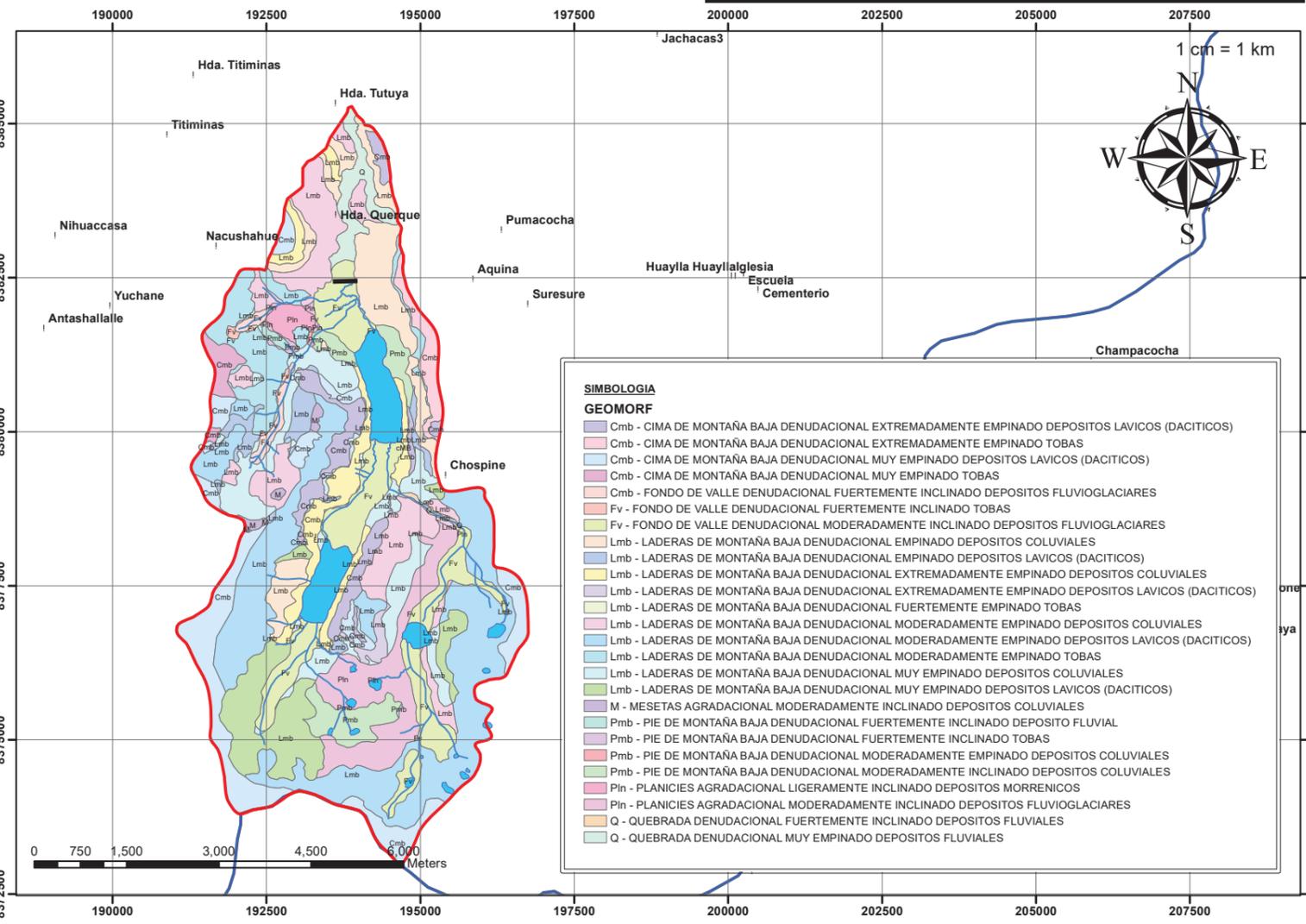
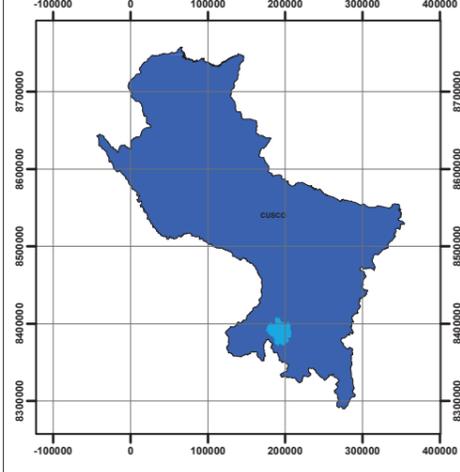
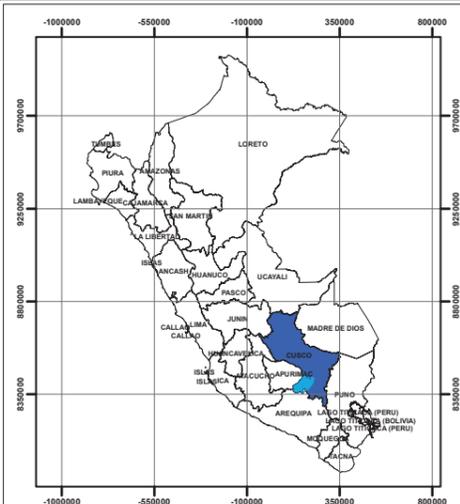
PLANO: MAPA DE PENDIENTES

FUENTE: GOOGLE EARTH

TITULO: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020

1 CM, CENTIMETRO = 1 KM, KILOMETRO

MAPA GEOMORFOLOGICO



SIMBOLOGIA

GEOMORF

- Cmb - CIMA DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL EXTREMADAMENTE EMPINADO DEPOSITOS LAVICOS (DACITICOS)
- Cmb - CIMA DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL EXTREMADAMENTE EMPINADO TOBAS
- Cmb - CIMA DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MUY EMPINADO DEPOSITOS LAVICOS (DACITICOS)
- Cmb - CIMA DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MUY EMPINADO TOBAS
- Cmb - FONDO DE VALLE DENUDACIONAL FUERTEMENTE INCLINADO DEPOSITOS FLUVIOGLACIARES
- Fv - FONDO DE VALLE DENUDACIONAL FUERTEMENTE INCLINADO TOBAS
- Fv - FONDO DE VALLE DENUDACIONAL MODERADAMENTE INCLINADO DEPOSITOS FLUVIOGLACIARES
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL EMPINADO DEPOSITOS COLUVIALES
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL EMPINADO DEPOSITOS LAVICOS (DACITICOS)
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL EXTREMADAMENTE EMPINADO DEPOSITOS COLUVIALES
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL EXTREMADAMENTE EMPINADO DEPOSITOS LAVICOS (DACITICOS)
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL FUERTEMENTE EMPINADO TOBAS
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MODERADAMENTE EMPINADO DEPOSITOS COLUVIALES
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MODERADAMENTE EMPINADO DEPOSITOS LAVICOS (DACITICOS)
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MODERADAMENTE EMPINADO TOBAS
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MUY EMPINADO DEPOSITOS COLUVIALES
- Lmb - LADERAS DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MUY EMPINADO DEPOSITOS LAVICOS (DACITICOS)
- M - MESETAS AGRADACIONAL MODERADAMENTE INCLINADO DEPOSITOS COLUVIALES
- Pmb - PIE DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL FUERTEMENTE INCLINADO DEPOSITO FLUVIAL
- Pmb - PIE DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL FUERTEMENTE INCLINADO TOBAS
- Pmb - PIE DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MODERADAMENTE EMPINADO DEPOSITOS COLUVIALES
- Pmb - PIE DE MONTAÑA BAJA DENUDACIONAL MODERADAMENTE INCLINADO DEPOSITOS COLUVIALES
- Pin - PLANICIES AGRADACIONAL LIGERAMENTE INCLINADO DEPOSITOS MORRENICOS
- Pin - PLANICIES AGRADACIONAL MODERADAMENTE INCLINADO DEPOSITOS FLUVIOGLACIARES
- Q - QUEBRADA DENUDACIONAL FUERTEMENTE INCLINADO DEPOSITOS FLUVIALES
- Q - QUEBRADA DENUDACIONAL MUY EMPINADO DEPOSITOS FLUVIALES

LEYENDA

- UH_4999868
- DISTRITO
- PROVINCIA
- DEPARTAMENTO
- EJE DE PRESA
- UH_4999868
- LAGUNAS
- DRENAJE_QUERQUE
- PUEBLOS
- VELILLE
- CHUMBIVILCAS
- CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

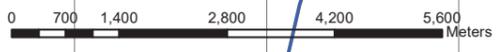
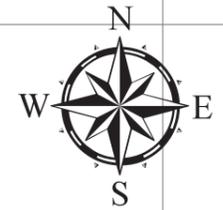
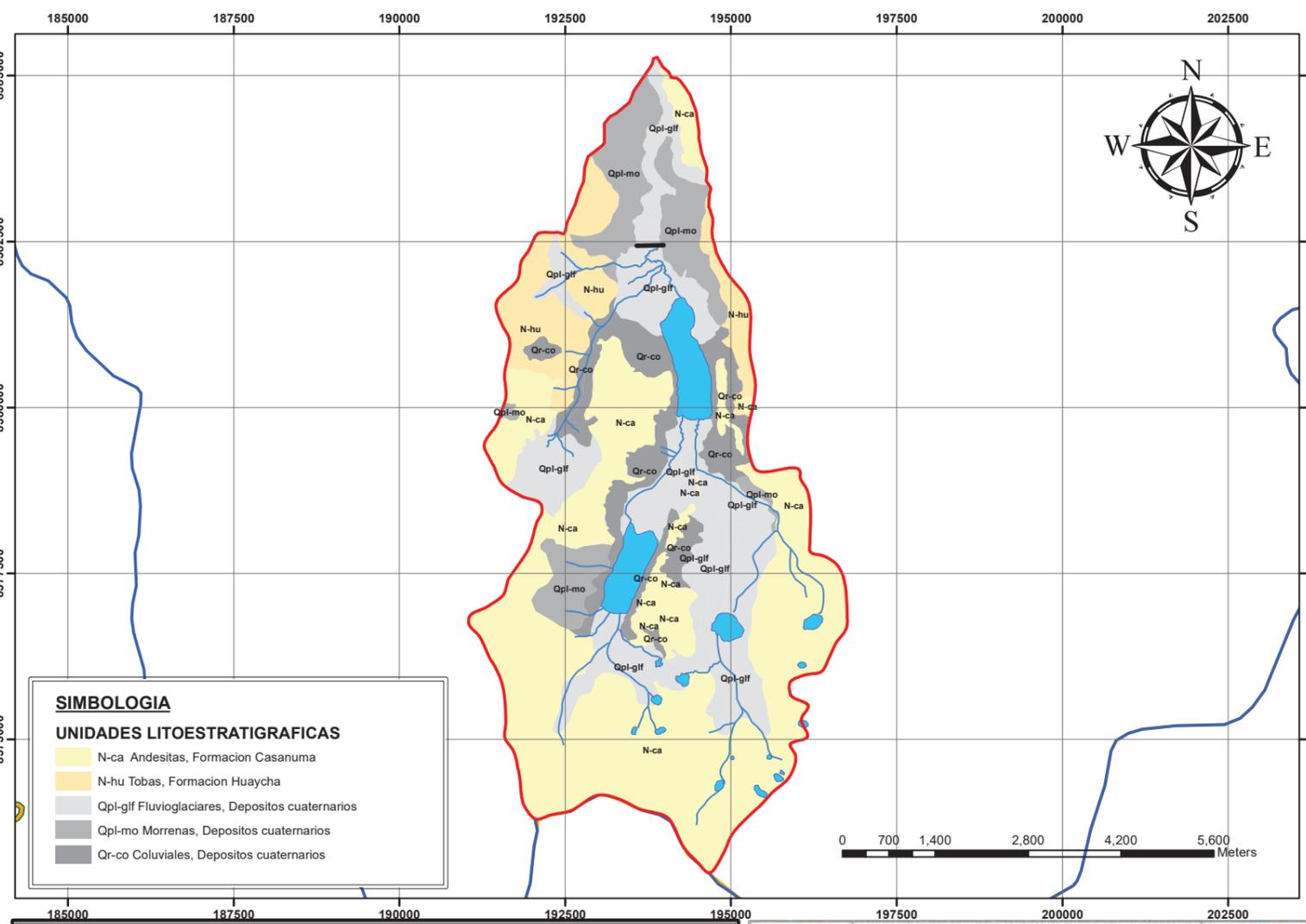
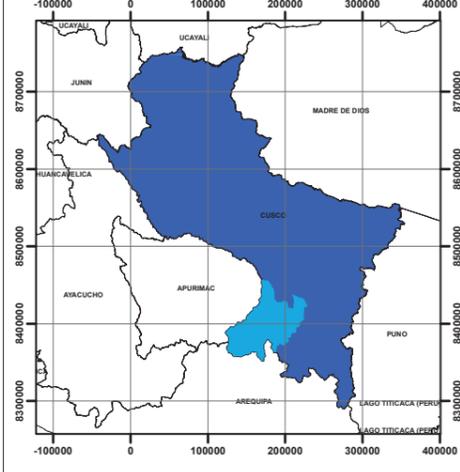
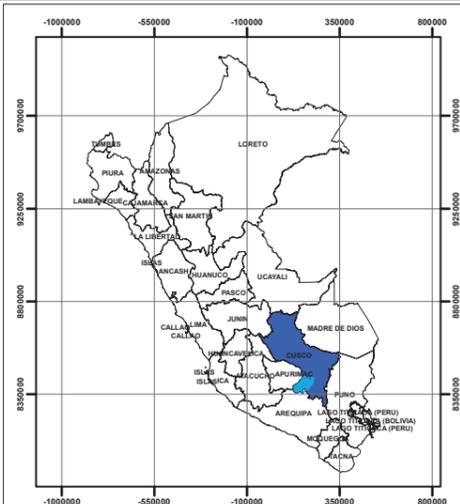
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020

FUENTE: GOOGLE EARTH
 PLANO: MAPA GEOMORFOLOGICO

UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO, PROVINCIA: CHUMBIVILCAS

1 CM, CENTIMETRO = 1 KM, KILOMETRO

MAPA LITOESTRATIGRAFICO LOCAL



SIMBOLOGIA

UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

- N-ca Andesitas, Formacion Casanuma
- N-hu Tobas, Formacion Huaycha
- Qpl-glf Fluvioglaciares, Depositos cuaternarios
- Qpl-mo Morrenas, Depositos cuaternarios
- Qr-co Coluviales, Depositos cuaternarios

LEYENDA

- UH_4999868
- VELILLE
- CHUMBIVILCAS
- CUSCO NNNN
- EJE DE PRESA
- LAGUNAS
- DRENAJE_QUERQUE

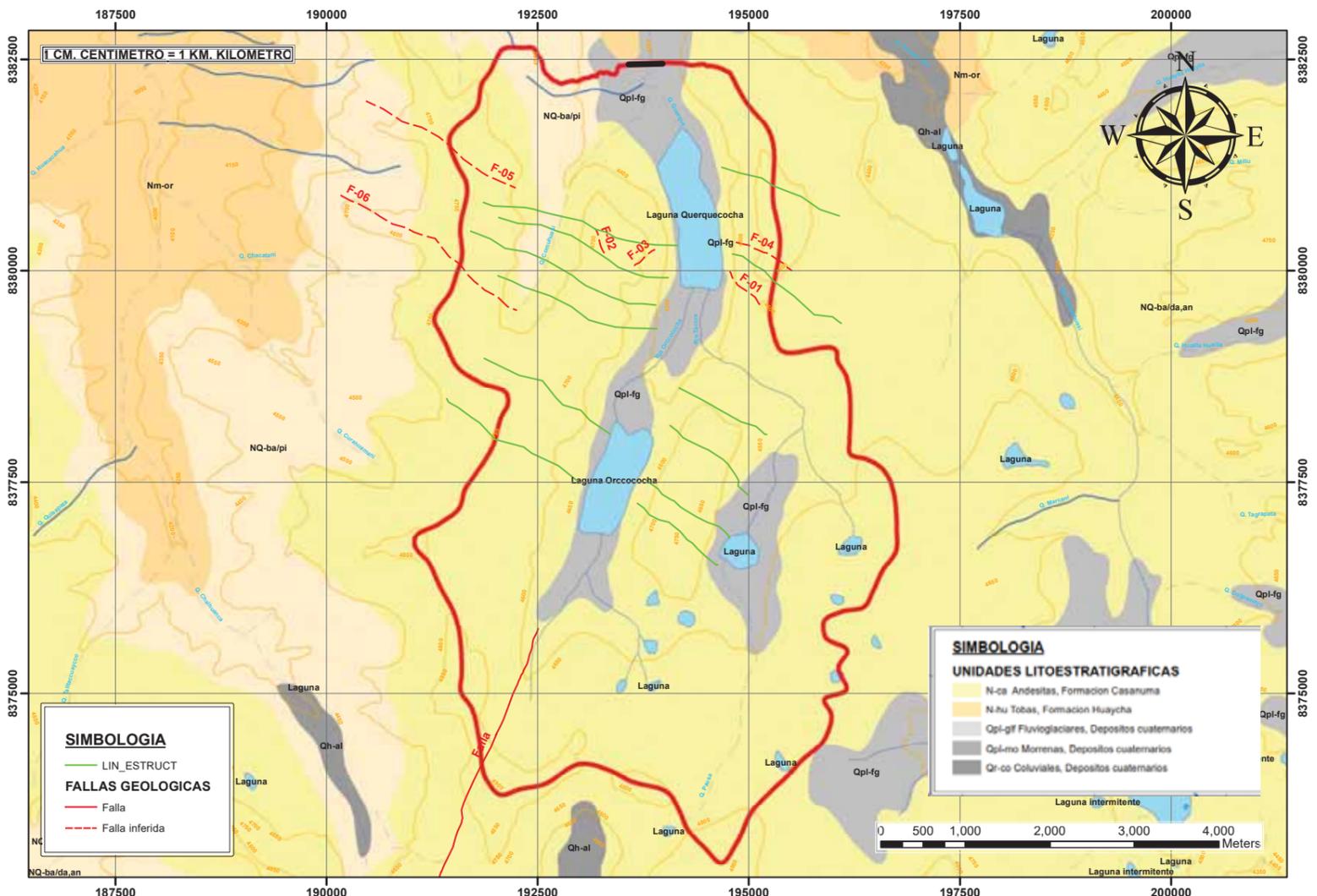
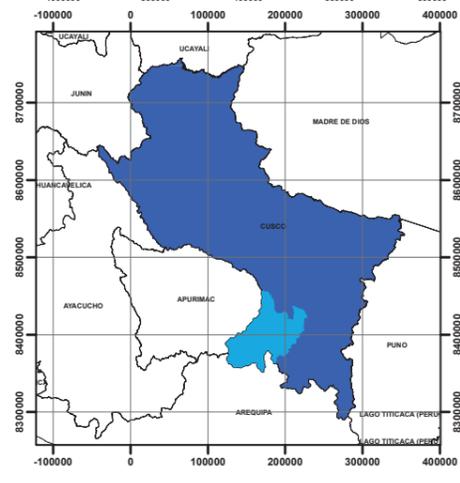
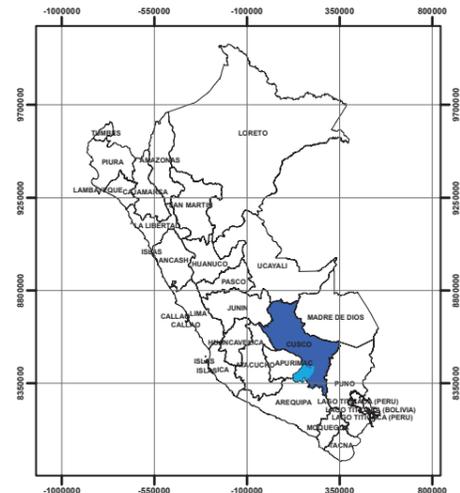


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO**
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS
Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANDEARIDAD DE LA PRESA GUARGUACOCCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2022"

FUENTE	PLANO	ENCUADRE
INGENIERIA GEOLOGICA	MAPA LITOESTRATIGRAFICO LOCAL	CHUMBIVILCAS

MAPA GEOLOGICO-ESTRUCTURAL LOCAL



SIMBOLOGIA

- LIN_ESTRUCT
- FALLAS GEOLOGICAS
- Falla
- Falla inferida

SIMBOLOGIA

UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS

- N-ca Andestas, Formacion Casanuma
- N-hu Tobas, Formacion Huaycha
- Qpl-gf Fluvio-glaciares, Depositos cuaternarios
- Qpl-mo Mornenas, Depositos cuaternarios
- Ql-co Coluviales, Depositos cuaternarios

LEYENDA

MICROCUEVA QUERQUE

- EJE DE PRESA
- MICROCUEVA QUERQUE
- LAGUNAS

CURVAS DE NIVEL

CLASE

- Curva maestra

DRENAJE

TIPO DE DRENAJE

- Rio secundario
- Quebrada
- Quebrada seca una parte del año
- Acequia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

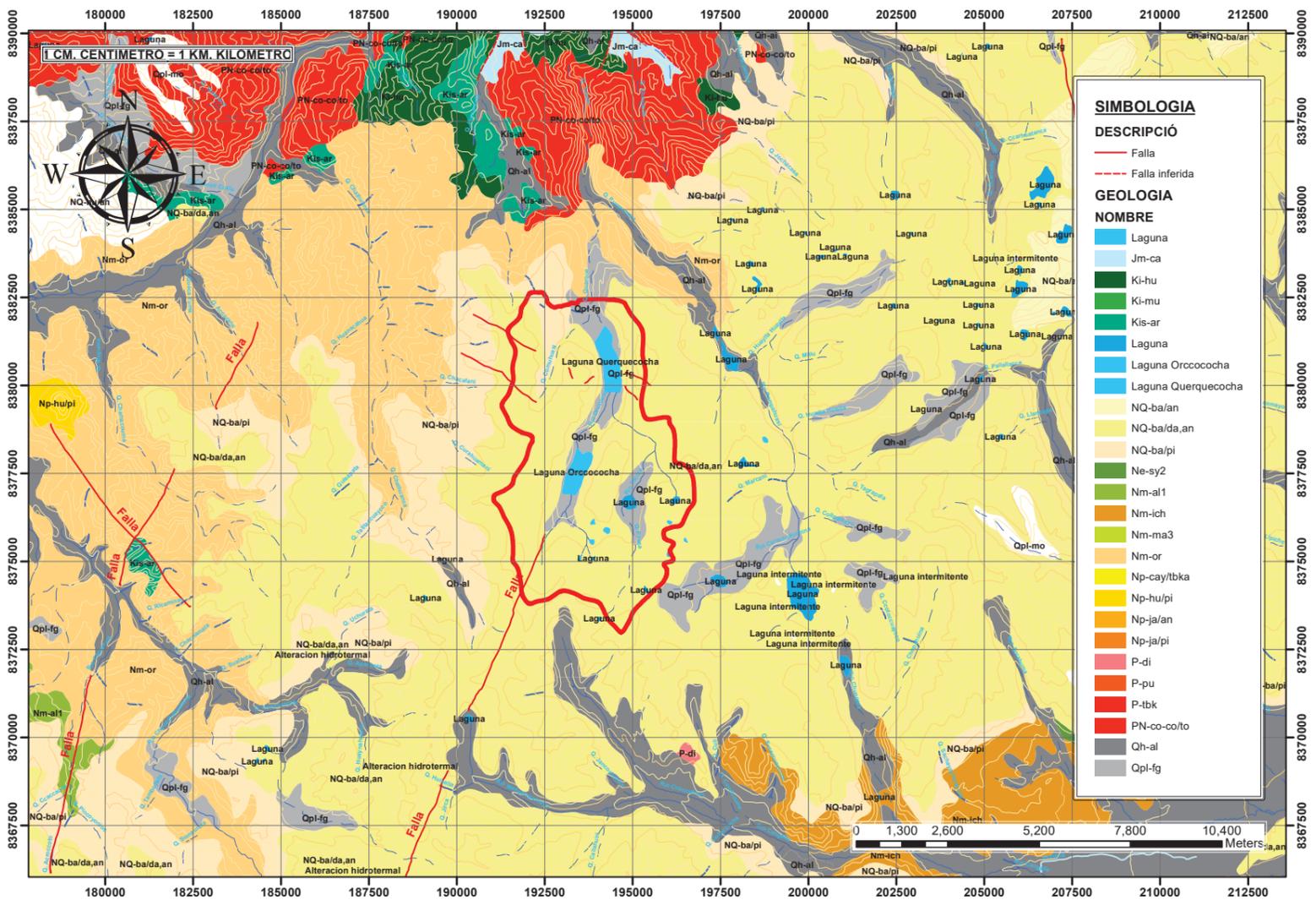
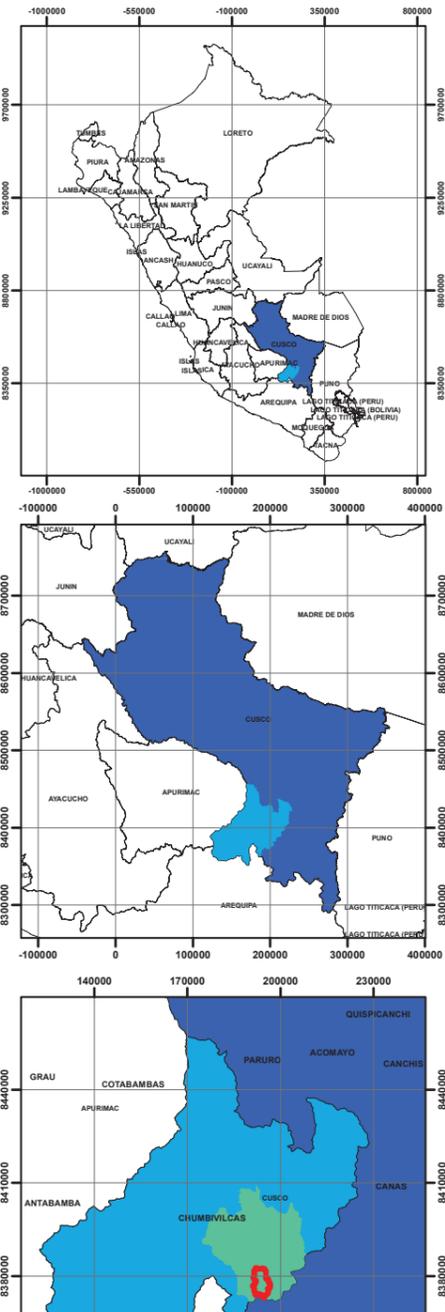
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020

FUENTE: GOOGLE EARTH

PLANO: MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL LOCAL

UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO

MAPA GEOLOGICO-ESTRUCTURAL



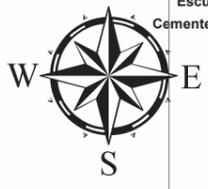
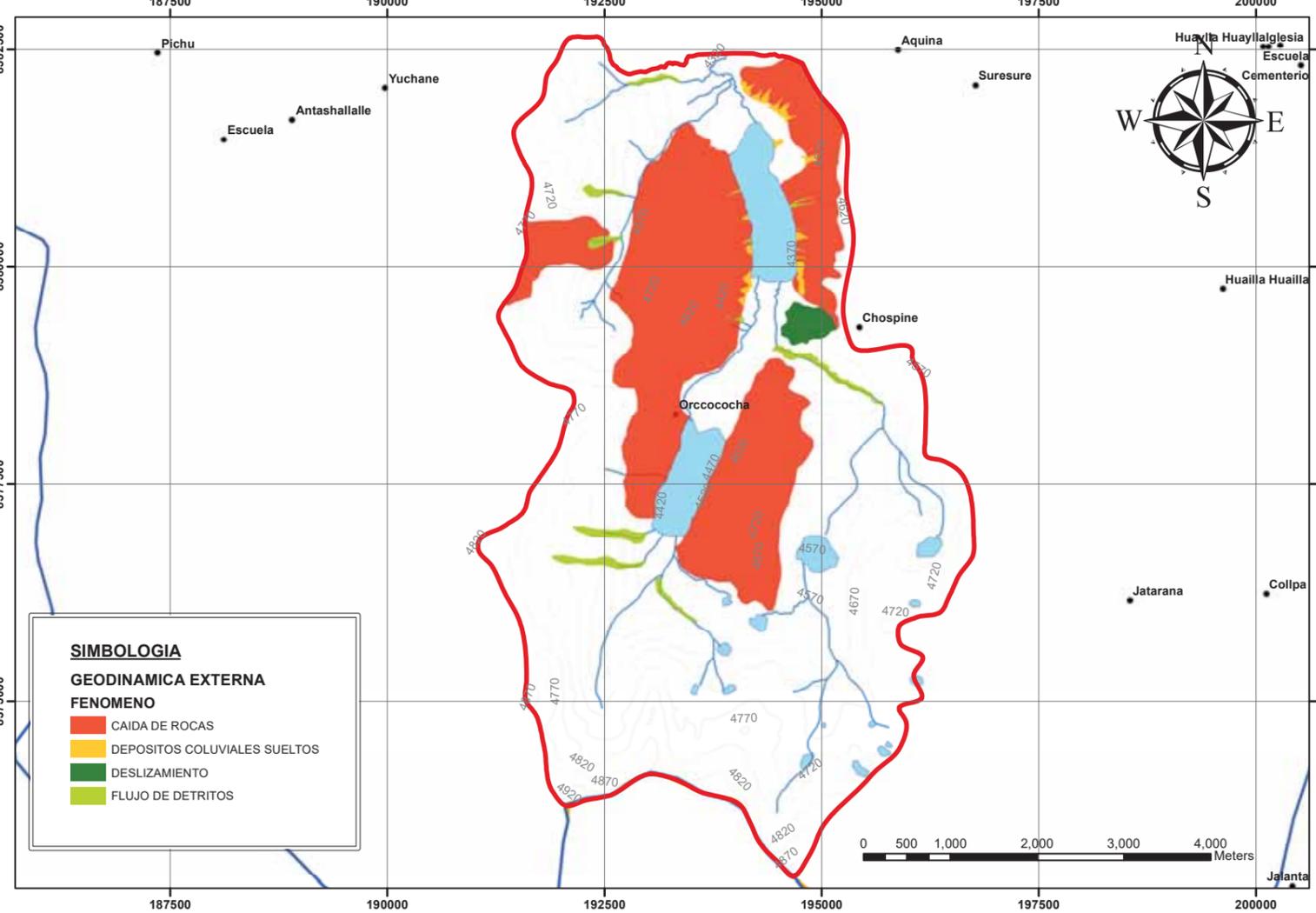
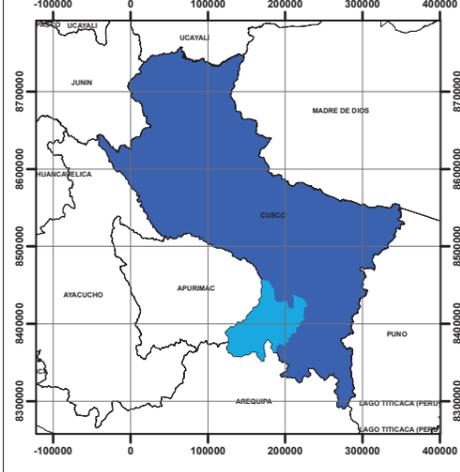
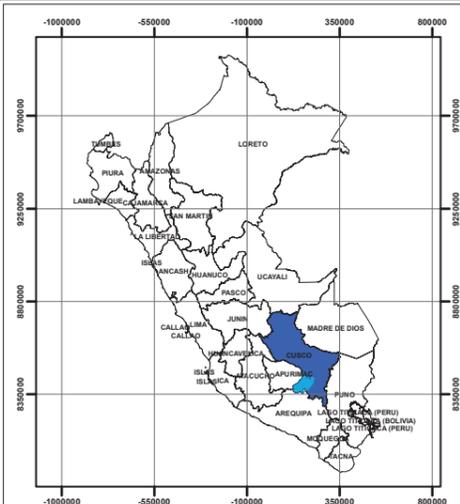
SIMBOLOGIA	
DESCRIPCIÓN	
	Falla
	Falla inferida
GEOLOGIA	
NOMBRE	
	Laguna
	Jm-ca
	Ki-hu
	Ki-mu
	Ki-ar
	Laguna
	Laguna Orcococha
	Laguna Quercococha
	NQ-ba/an
	NQ-ba/da,an
	NQ-ba/pi
	Ne-sy2
	Nm-al1
	Nm-ich
	Nm-ma3
	Nm-or
	Np-cay/tbka
	Np-hu/pi
	Np-ja/an
	Np-ja/pi
	P-di
	P-pu
	P-tbk
	PN-co-co/lo
	Qh-al
	Qpl-fg

LEYENDA	
	AREA DE ESTUDIO
	DISTRITO
	VELILLE
	PROVINCIA
	CHUMBIVILCAS
	DEPARTAMENTO
	EXTENSION DE FALLAS
	AREA DE ESTUDIO
DRENAJE	
TIPO DE DRENAJE	
	Rio secundario
	Quebrada
	Quebrada seca una parte del año
	Acequia
CURVAS DE NIVEL	
CLASE	
	Curva maestra

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERCOCCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020"					
FUENTE:	ELABORACION PROPIA	PLANO:	MAPA DE GEOLOGICO-ESTRUCTURAL REGIONAL	UBICACION:	DEPARTAMENTO: CUSCO

1 CM, CENTIMETRO = 1 KM, KILOMETRO

MAPA DE GEODINAMICA EXTERNA



SIMBOLOGIA

GEODINAMICA EXTERNA

FENOMENO

- CAIDA DE ROCAS
- DEPOSITOS COLUVIALES SUELTOS
- DESLIZAMIENTO
- FLUJO DE DETRITOS

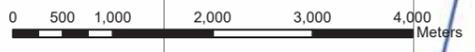
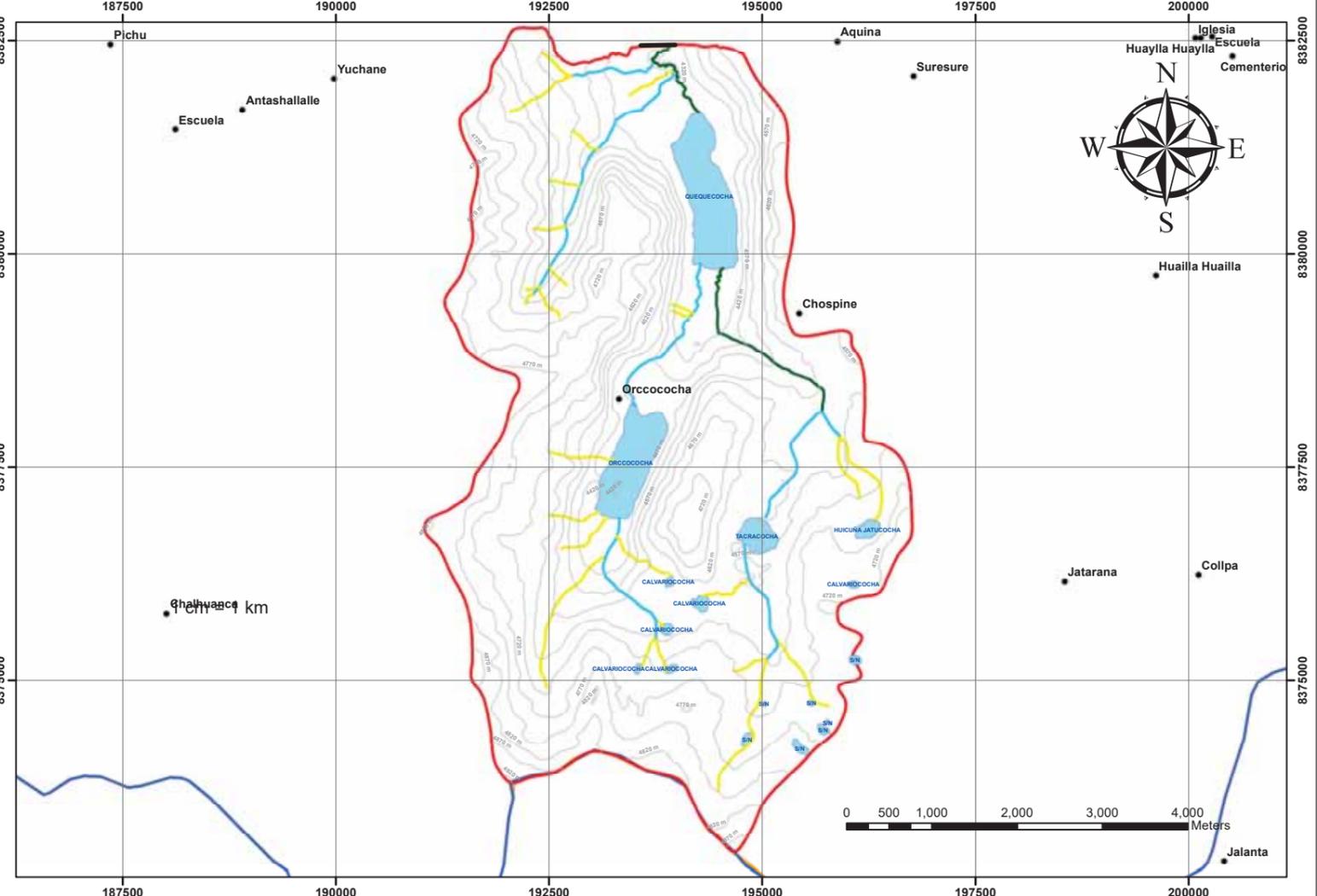
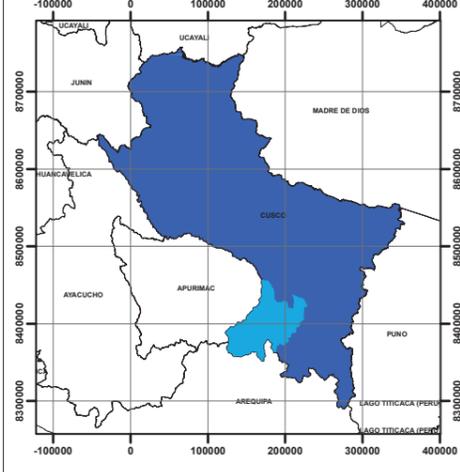
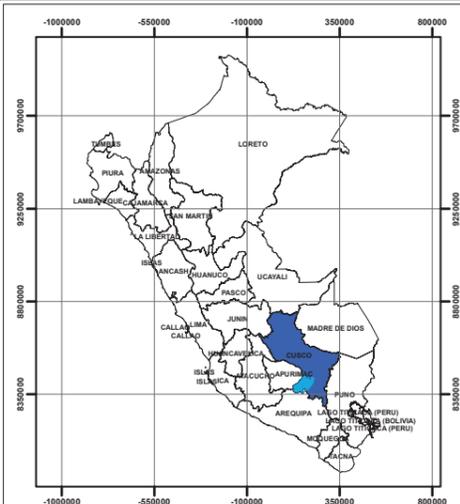
LEYENDA

- AREA DE ESTUDIO
- VELILLE
- DISTRITO**
- PUEBLOS
- PROVINCIA**
- CHUMBIVILCAS
- DRENAJE_QUERQUE
- DEPARTAMENTO**
- CUSCO
- LAGUNAS
- VELILLE

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA	
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
		: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020"	
FUENTE: ELABORACION PROPIA	PLANO	MAPA DE GEODINAMICA EXTERNA	UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHUMBIVILCAS

1 CM, CENTIMETRO = 1 KM, KILOMETRO

MAPA DE DRENAJES



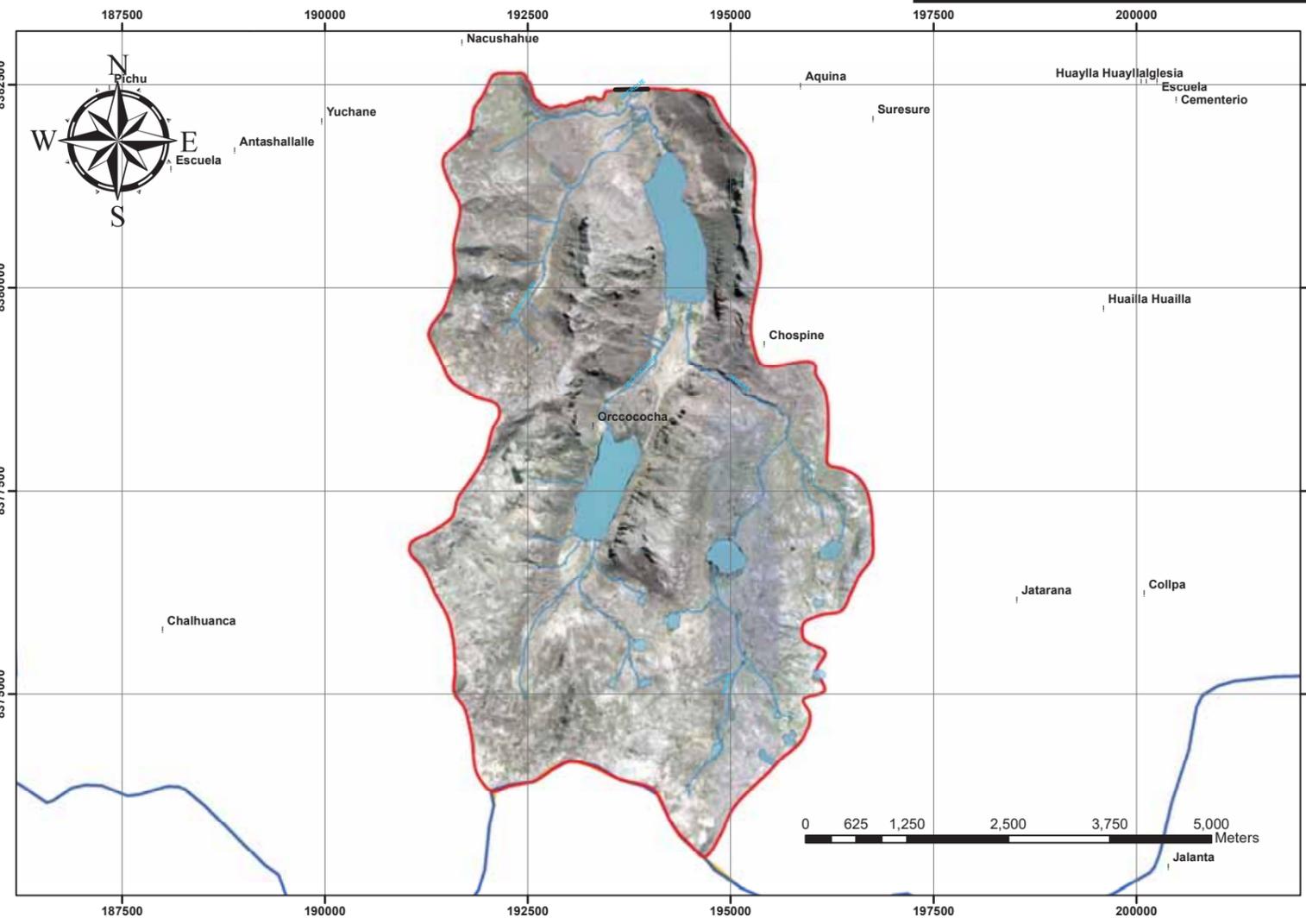
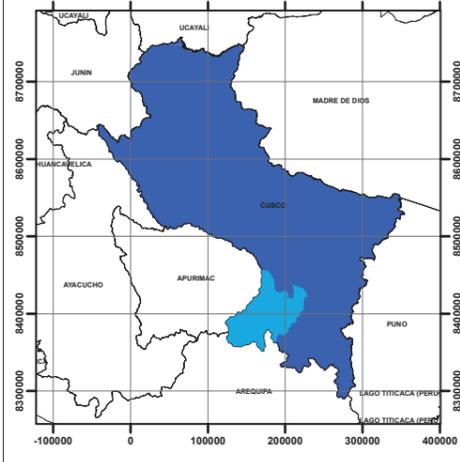
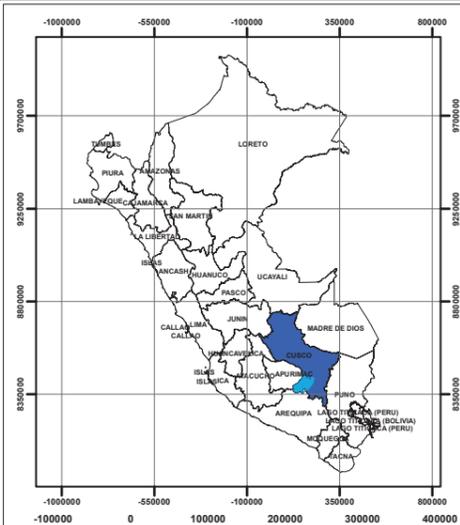
AREA DE ESTUDIO	EJE DE PRESA
DISTRITO	VELILLE
VELILLE	CHUMBIVILCAS
PROVINCIA	CUSCO
CHUMBIVILCAS	
DEPARTAMENTO	
CUSCO	

PUEBLOS
ORDEN DE DRENAJE
1
2
3

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020"			
FUENTE: GOOGLE EARTH	PLANO	MAPA DE DRENAJES	UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHUMBIVILCAS

1 CM, CENTIMETRO = 1 KM, KILOMETRO

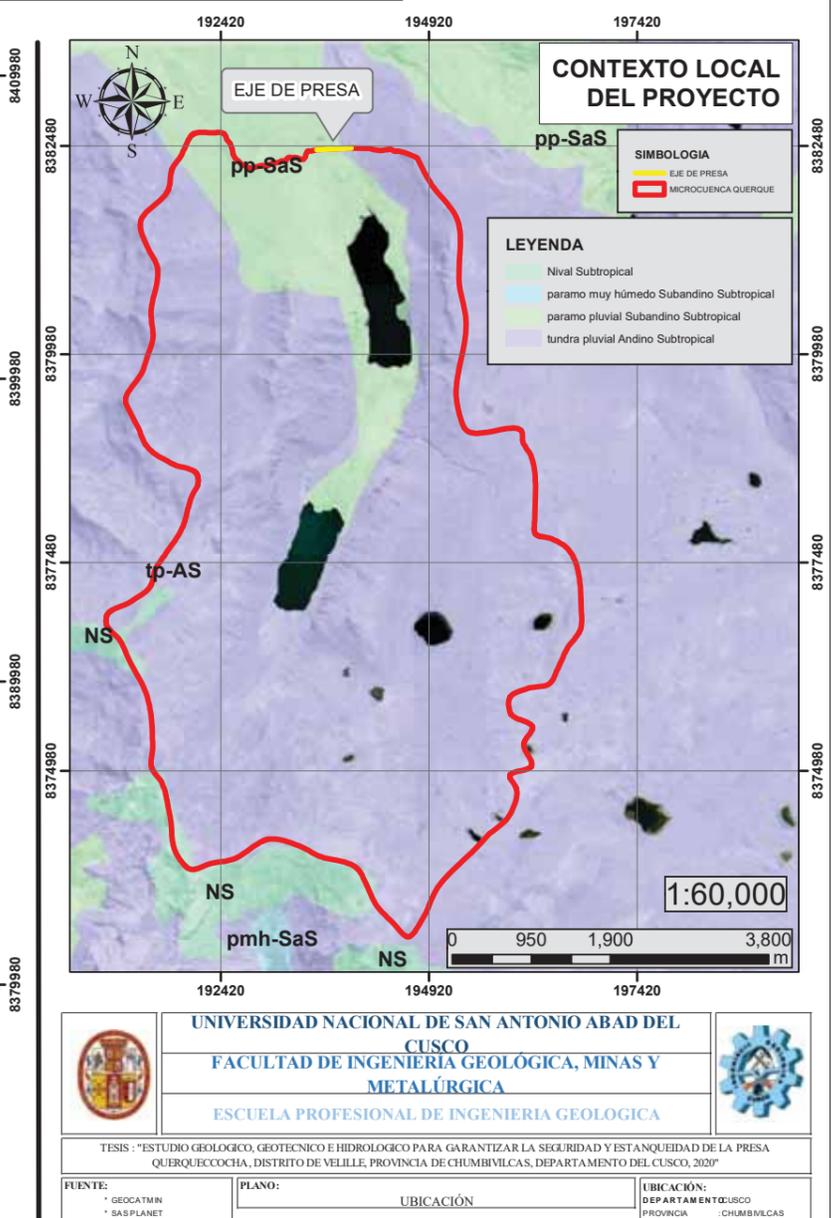
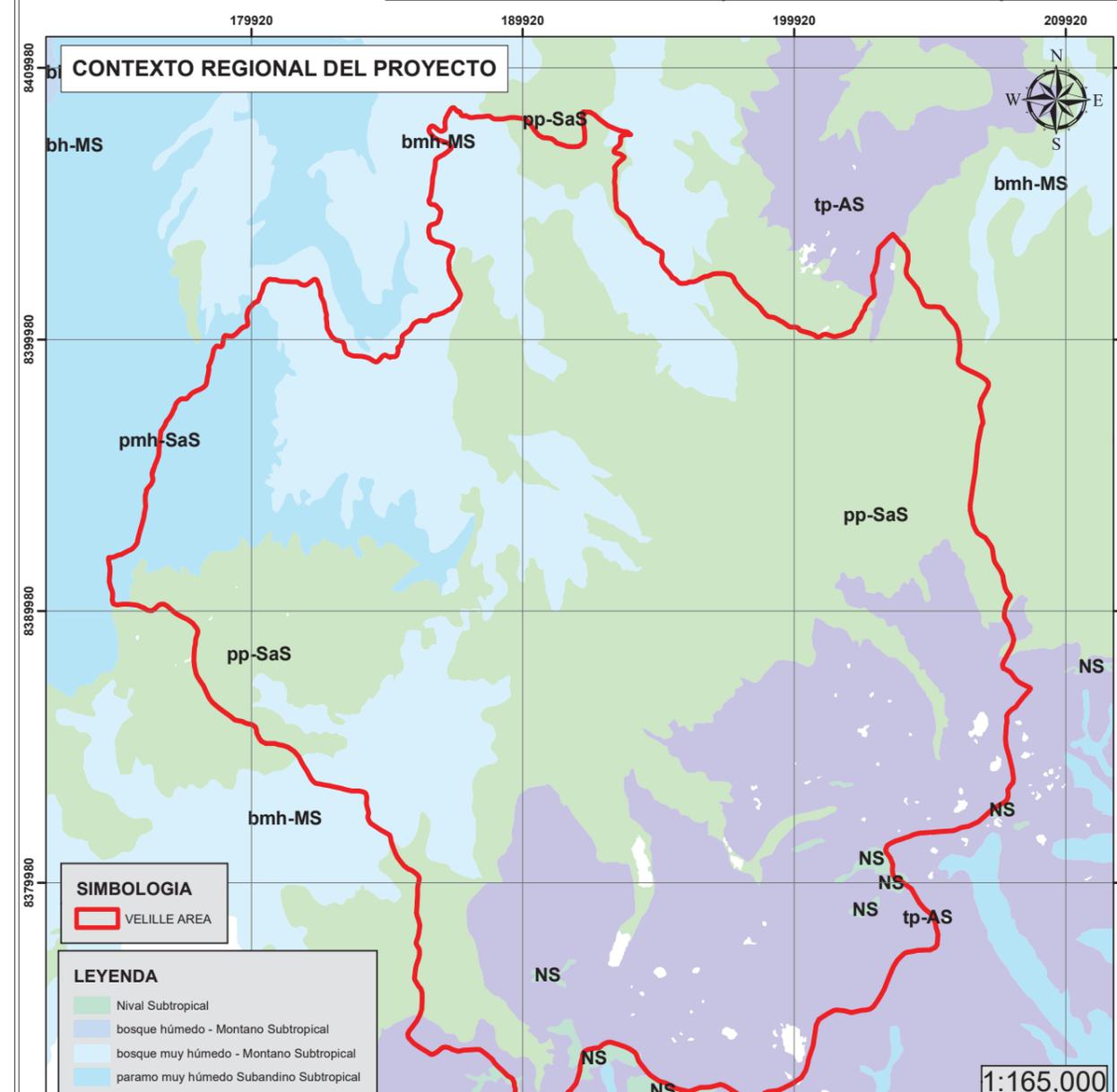
MAPA SATELITAL



AREA DE ESTUDIO	LEYENDA
DISTRITO	
VELILLE	
PROVINCIA	
CHUMBIVILCAS	
DEPARTAMENTO	PUEBLOS
	EJE DE PRESA
	DRENAJE_QUERQUE
	LAGUNAS
	AREA DE ESTUDIO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020"		
FUENTE: GOOGLE EARTH	PLANO	MAPA SATELITAL	UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHUMBIVILCAS

MAPA ECOLOGICO (ZONAS DE VIDA) DEL AREA DEL PROYECTO



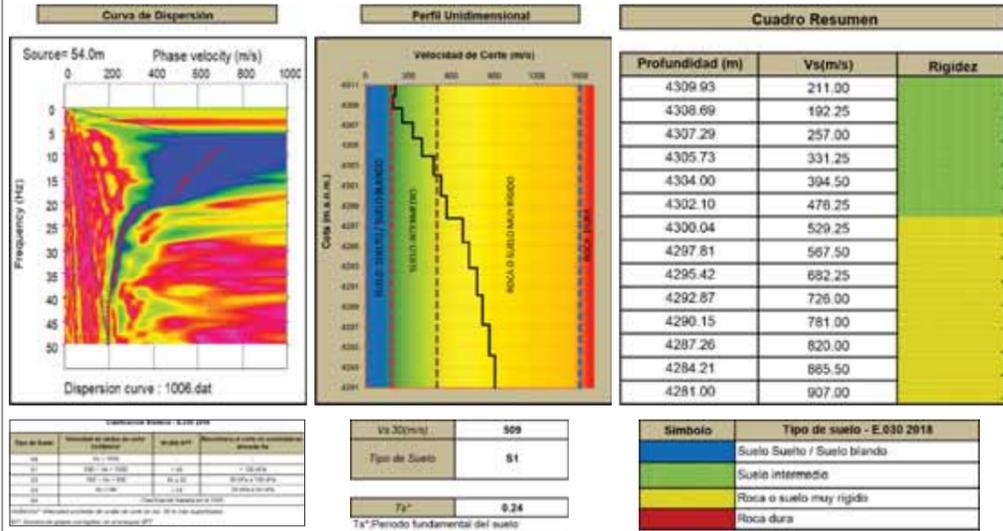
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

TESIS : "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2020"

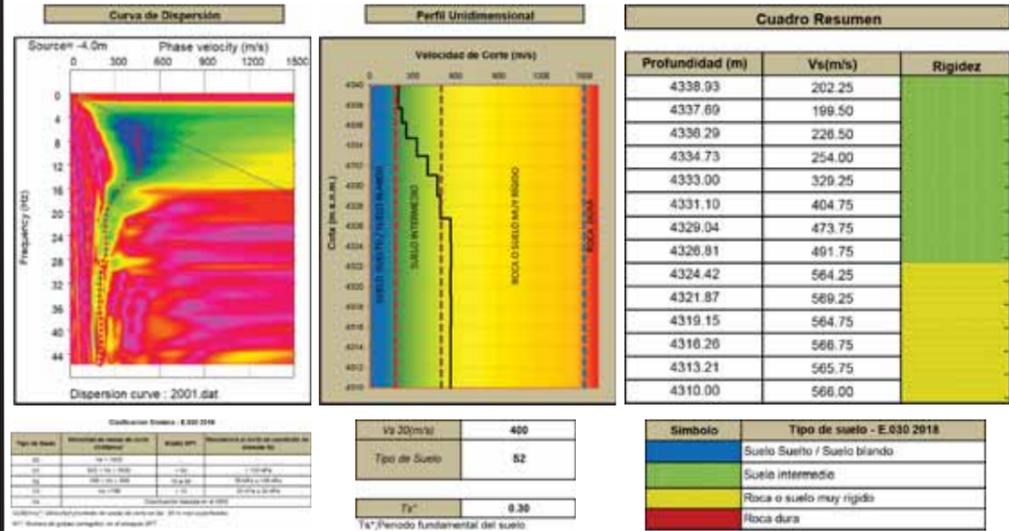
FUENTE: • GEOCATMIN • SASPLANET	PLANO: UBICACIÓN	UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHUMBIVILCAS
---------------------------------------	---------------------	--

PLANO DEL ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES Y DETERMINACION DE PARAMETROS DE ONDAS SUPERFICIALES

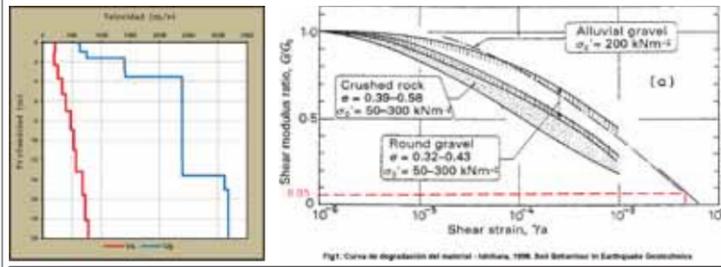
MASW - 01



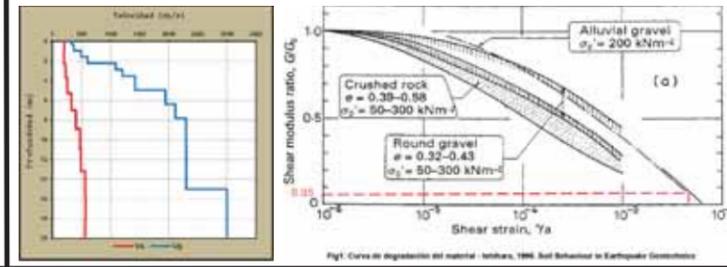
MASW - 01



PARAMETROS ELASTICOS DEL TERRENO "MASW - 01 & LS - 01"



PARAMETROS ELASTICOS DEL TERRENO "MASW - 01 & LS - 02"



PARAMETROS ELASTICOS DEL TERRENO "MASW - 01 & LS - 02"

Cota (metros)	Profundidad (m)	Vs (m/s)	Densidad (t/m³)	Presión de saturación (kPa)	Módulo de Corte (kPa)	Módulo de Young (kPa)	Módulo de Compresión (kPa)	Módulo de Corte (kPa)	Módulo de Young (kPa)	Módulo de Compresión (kPa)
4338.93	0	202.25	1.9	0.00	1617.0	3234.0	10000.0	401.0	1604.0	5013.0
4337.69	1.26	199.50	1.9	0.00	1576.5	3153.0	10000.0	396.0	1584.0	4963.0
4336.29	2.52	226.50	1.9	0.00	1717.5	3435.0	10000.0	448.0	1792.0	5576.0
4334.73	3.78	254.00	1.9	0.00	1881.0	3762.0	10000.0	496.0	1984.0	6166.0
4333.00	5.04	329.25	1.9	0.00	2422.5	4845.0	10000.0	649.0	2596.0	8192.0
4331.10	6.30	404.75	1.9	0.00	2964.0	5928.0	10000.0	802.0	3208.0	10218.0
4329.04	7.56	473.75	1.9	0.00	3505.5	7011.0	10000.0	955.0	3820.0	12244.0
4326.81	8.82	491.75	1.9	0.00	3669.0	7338.0	10000.0	999.0	3984.0	12571.0
4324.42	10.08	564.25	1.9	0.00	4210.5	8421.0	10000.0	1152.0	4596.0	14597.0
4321.87	11.34	569.25	1.9	0.00	4270.5	8541.0	10000.0	1171.0	4684.0	14814.0
4319.15	12.60	564.75	1.9	0.00	4230.0	8494.0	10000.0	1157.0	4656.0	14718.0
4316.26	13.86	566.75	1.9	0.00	4251.0	8502.0	10000.0	1164.0	4672.0	14766.0
4313.21	15.12	565.75	1.9	0.00	4234.5	8469.0	10000.0	1157.0	4656.0	14718.0
4310.00	16.38	566.00	1.9	0.00	4245.0	8490.0	10000.0	1161.0	4674.0	14754.0

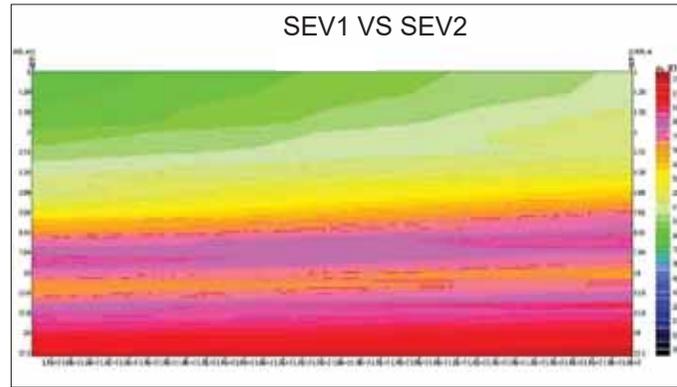
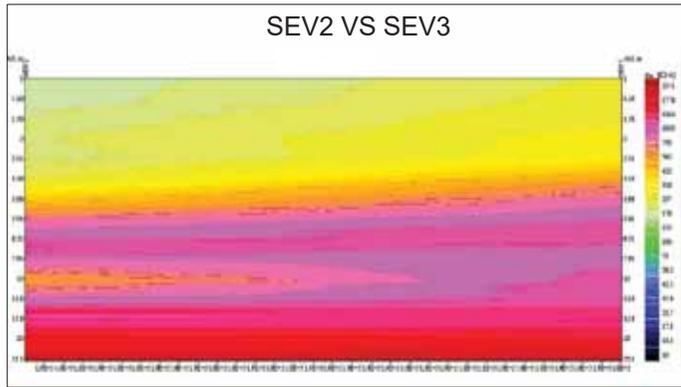
PARAMETROS ELASTICOS DEL TERRENO "MASW - 01 & LS - 01"

Cota (metros)	Profundidad (m)	Vs (m/s)	Densidad (t/m³)	Presión de saturación (kPa)	Módulo de Corte (kPa)	Módulo de Young (kPa)	Módulo de Compresión (kPa)	Módulo de Corte (kPa)	Módulo de Young (kPa)	Módulo de Compresión (kPa)
4338.93	0	202.25	1.9	0.00	1617.0	3234.0	10000.0	401.0	1604.0	5013.0
4337.69	1.26	199.50	1.9	0.00	1576.5	3153.0	10000.0	396.0	1584.0	4963.0
4336.29	2.52	226.50	1.9	0.00	1717.5	3435.0	10000.0	448.0	1792.0	5576.0
4334.73	3.78	254.00	1.9	0.00	1881.0	3762.0	10000.0	496.0	1984.0	6166.0
4333.00	5.04	329.25	1.9	0.00	2422.5	4845.0	10000.0	649.0	2596.0	8192.0
4331.10	6.30	404.75	1.9	0.00	2964.0	5928.0	10000.0	802.0	3208.0	10218.0
4329.04	7.56	473.75	1.9	0.00	3505.5	7011.0	10000.0	955.0	3820.0	12244.0
4326.81	8.82	491.75	1.9	0.00	3669.0	7338.0	10000.0	999.0	3984.0	12571.0
4324.42	10.08	564.25	1.9	0.00	4210.5	8421.0	10000.0	1152.0	4596.0	14597.0
4321.87	11.34	569.25	1.9	0.00	4270.5	8541.0	10000.0	1171.0	4684.0	14814.0
4319.15	12.60	564.75	1.9	0.00	4230.0	8494.0	10000.0	1157.0	4656.0	14718.0
4316.26	13.86	566.75	1.9	0.00	4251.0	8502.0	10000.0	1164.0	4672.0	14766.0
4313.21	15.12	565.75	1.9	0.00	4234.5	8469.0	10000.0	1157.0	4656.0	14718.0
4310.00	16.38	566.00	1.9	0.00	4245.0	8490.0	10000.0	1161.0	4674.0	14754.0

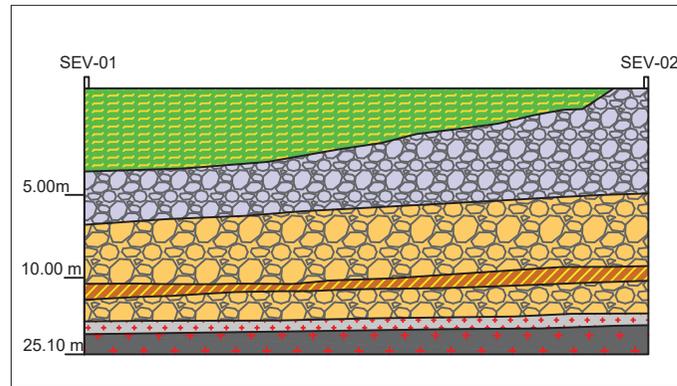
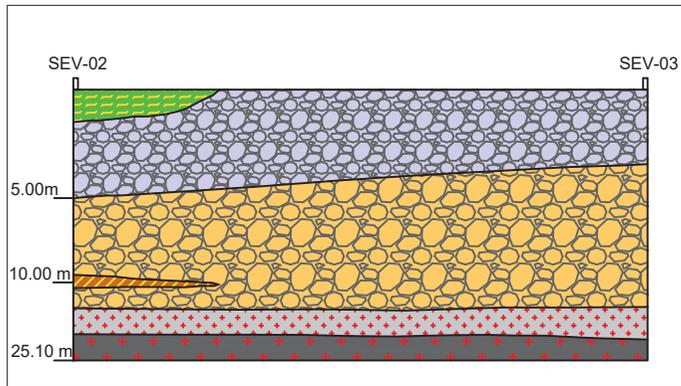


PLANO GEOFISICO DE SECCIONES GEOELECTRICAS BAJO EL METODO DE SONDEO ELECTRICO VERTICAL

SECCIONES GEOELECTRICAS



SECCIONES INTERPRETADAS



LEYENDA:

- Material altamente organico en una matriz arcillosa (SUCS= Pt)
- Material friccioneado gravas arenosas, con agua (SUCS= GW-GM)
- Material friccioneado gravas arenosas, sin agua (SUCS= GW-GM)
- Material cohesivo arcilloso arenoso de baja plasticidad (SUCS= CL)
- Material rocoso alterado de tipo igneo (SUCS= NP)
- Macizo rocoso de tipo igneo - Granodiorita (SUCS= NP)

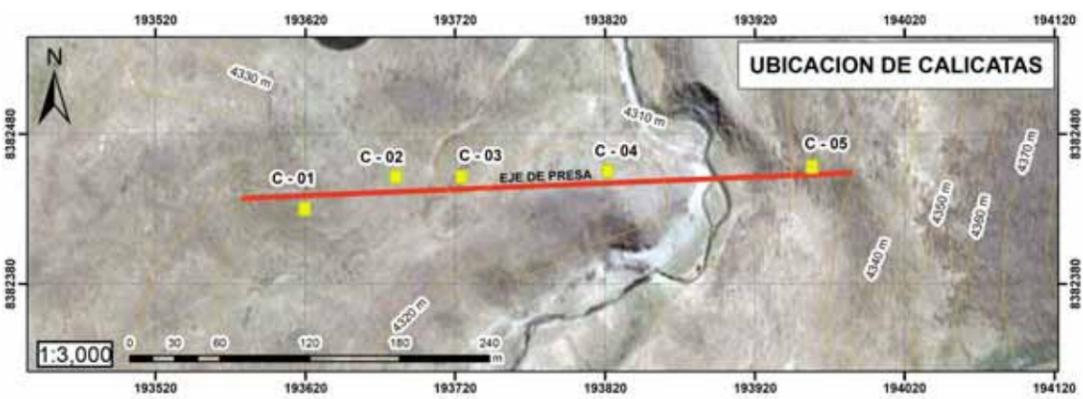
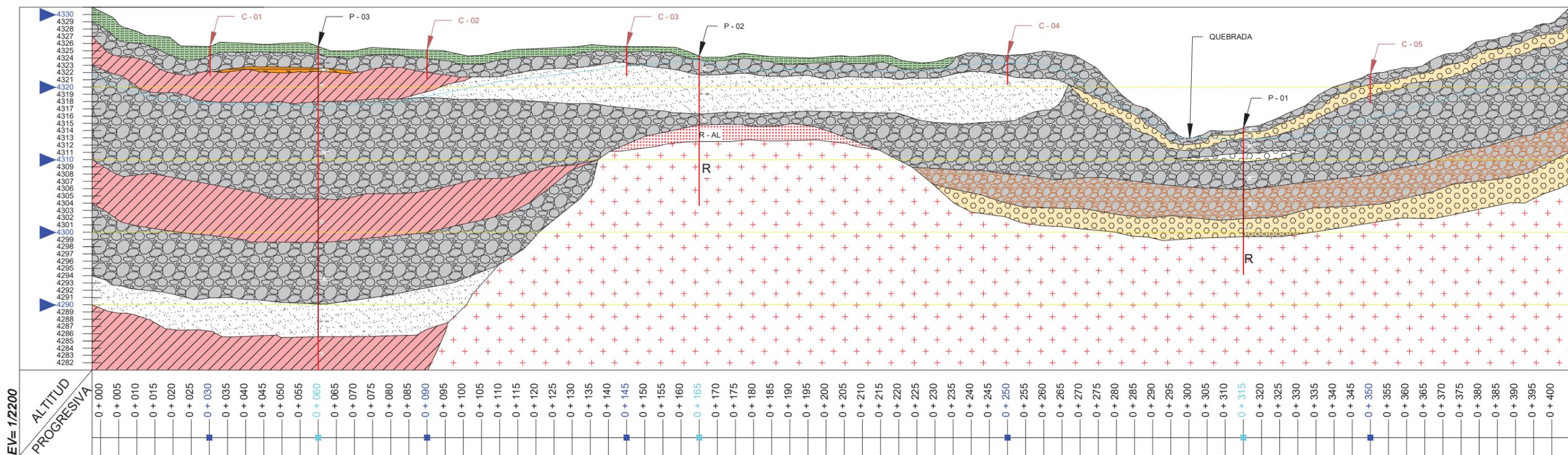
- Depositos Recientes (Fluvioglaciares)
- Formacion Huaycha (Depositos tobaceos)
- Formacion Orcopampa (Basamento rocoso Impermeable)

Ensayo	Punto de ensayo		COTA m.s.n.m.
	Este (m)	Norte (m)	
SEV 01	194355.81	8381798.56	4312
SEV 02	194044.42	8381757.05	4310
SEV 03	193998.13	8381461.34	4313

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA ESTABILIDAD Y ESTANQUIDAD DE LA PRESA QUOROCOCOTA, DISTRITO DE VILLAJOY, PROVINCIA DE CHIMBOTE, DEPARTAMENTO DE TACNA"		
FUENTE:	PLANO:	UBICACION:
<ul style="list-style-type: none"> - GISCATIN - BASIMAP - GOOGLE MAPPER - GOOGLE EARTH 	PLANO GEOFISICO DE SECCIONES GEOELECTRICAS BAJO EL METODO DE SONDEO ELECTRICO VERTICAL	DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHIMBOTE DISTRITO: VILLAJOY CANTONADO: CUSCO
REVISADO POR:	ELABORADO POR:	FECHA DE REALIZACION:
ING. CARLOS BASCO SANTOS QUISMAN	ING. CARLOS BASCO SANTOS QUISMAN	FEBRERO 2020
REALIZADOR:	GRUPO:	FECHA DE REVISION:
BACH. CHARA HOSAIN AEFERSON BACH. SONCOORAHAN VOSMALE	INFORME 203	FEBRERO 2020
		Nº DEL ANEXO: GM 13

SECCION GEOLOGICA - GEOTECNICA

DEL EJE DE PRESA "QUERQUECOCHA", DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO



LEYENDA:

GC :GRAVA ARCILLOSA	GP :GRAVA MAL GRADADA	SP - SM :ARCILLA MAL GRADADA LIMOSA	CL :ARCILLA DE BAJA PASTICIDAD
GC - GM :GRAVA ARCILLO LIMOSA	GP - GC :GRAVA MAL GRADADA ARCILLOSA	CL - ML :ARCILLA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD	PR :TURBA
R :ROCA GRANODIORITA	R - AL :ROCA GRANODIORITA ALTERADA		

SIMBOLOGIA:

▲ COTA MAESTRA	— CURVA MAESTRA
■ PROGRESIVA CALICATAS	— PERFORACION DIAMANTINA
■ PROGRESIVA DIAMANTINA	— NIVEL FREATICO LOCALIZADO
● C-01 LOCALIZACION CALICATA EN SUPERFICIE	
● P-03 LOCALIZACION DIAMANTINA EN SUPERFICIE	

COORDENADAS DEL LA UBICACION DE LAS CALICATAS Y PERFORACIONES DIAMANTINAS

UBICACION DE CALICATAS				UBICACION DE PERFORACIONES DIAMANTINAS			
CODIGO	ZONA	COORDENADAS UTM (WGS - 84)		CODIGO	ZONA	COORDENADAS UTM (WGS - 84)	
		ESTE	NORTE			ESTE	NORTE
C-01		193609.22	8382429.14				
C-02		193671.42	8382443.21	C1	193895.22	8382452.02	20.20 m
C-03	19 L	193720.55	8382443.01	C2	193747.31	8382443.71	20.60 m
C-04		193826.44	8382449.63	C3	193639.23	8382440.95	73.20 m
C-05		193995.88	8382452.03				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

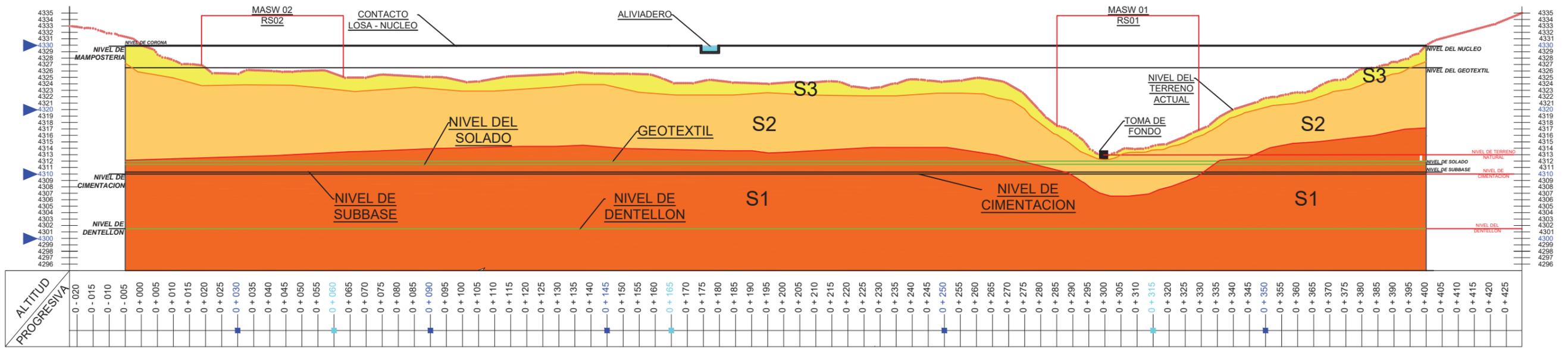
"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO-2020"

FUENTE: GLOBAL MAPPER GEOCATMIN	PLANO: SECCION GEOLOGICO - GEOTECNICO	UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHUMBIVILCAS DISTRITO: VELILLE COMUNIDAD: SOLLANA
HERRAMIENTAS: AUTOCAD EXCEL	ELABORADO: BACH. CHARA HOLGUIN JEFFERSON BACH. SONCCO MAMANI YOZMAN EDISON	FECHA DE REALIZACION: 2/03/2020
	REVISADO: ING. CARLOS BARRIENTOS GUZMAN	FECHA DE REVISION: 9/03/2020

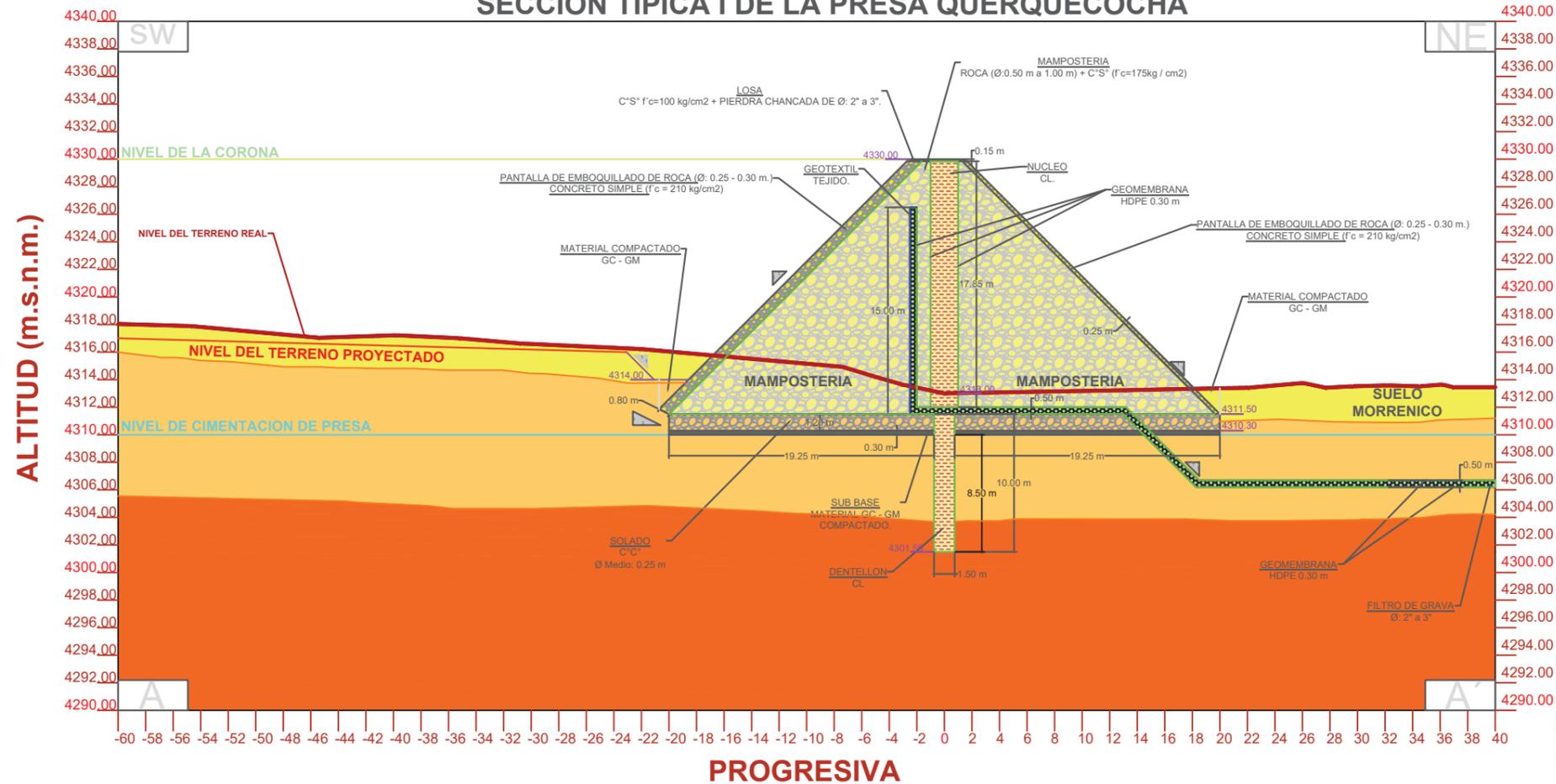
SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM: WGS84, PROYECCION: UTM, ZONA: 19 L, CUADRANTE: 30-S

INDICADAS: ESCALA: GM, NUMERO: 14

REFRACCION Y MASW DEL EJE DE PRESA



CORTE B-B" SECCION TIPICA I DE LA PRESA QUERQUECOCHA



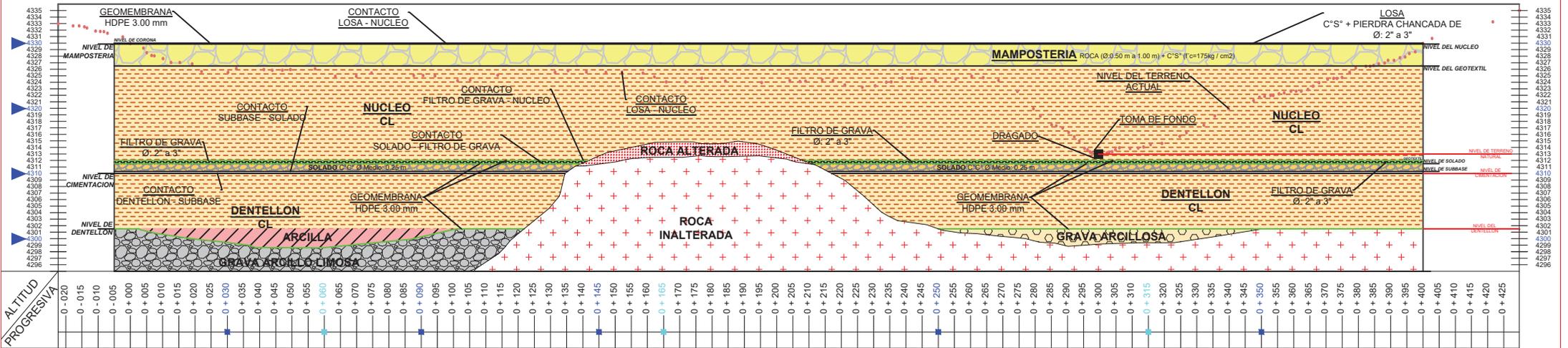
LEYENDA:

- S3: SUELOS BLANDOS
- S2 SUELOS INTERMEDIOS
- S1 SUELOS RIGIDOS

FUENTE E030

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS : "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VEILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2020"		
FUENTE: * GEOCATINI * SAS PLANET * GOOGLE MAPPER * GOOGLE EARTH	PLANO: ZONIFICACION POR PERFILES DE SUELO	UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: CHAMBIVILCAS DISTRITO: VEILLE COMANDANIA: CCOLLANA
REALIZADO POR: BACH. DHPA HOLMIR JEFFERSON BACH. SONICO MAMANI VIZMANE	REVISADO POR: ING. CARLOS BARRIENTOS GUZMAN	Nº DE LAMINA: GM-15
DATUM: ZONA: WGS 84 CUADRANTE: 18E	VISION: (W)	ESCALA: (1:1) FECHA DE REALIZACION: FEBRERO 2020 FECHA DE REVISION: MARZO 2020

CONDICIONES DE CIMENTACION DE LA PRESA QUEQUECOCHA



SIMBOLOGIA:

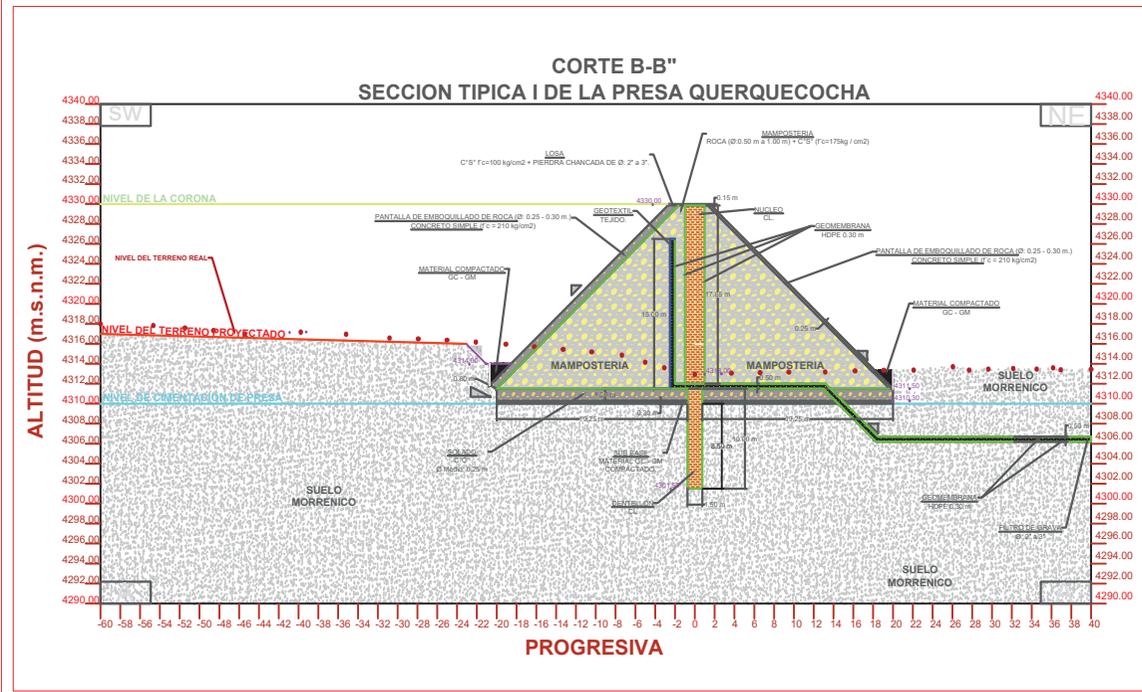
- ▲ COTA MAESTRA
- PROGRESIVA CALICATAS
- PROGRESIVA DIAMANTINA
- C - 01 LOCALIZACION CALICATA EN SUPERFICIE
- P - 03 LOCALIZACION DIAMANTINA EN SUPERFICIE
- CURVA MAESTRA
- PERFORACION DIAMANTINA
- NIVEL FREATICO LOCALIZADO

LEYENDA:

- GC :GRAVA ARCILLOSA
- GC - GM :GRAVA ARCILLO LIMOSA
- CL :ARCILLA DE BAJA PASTICIDAD
- R - AL :ROCA GRANODIORITA ALTERADA
- R :ROCA GRANODIORITA

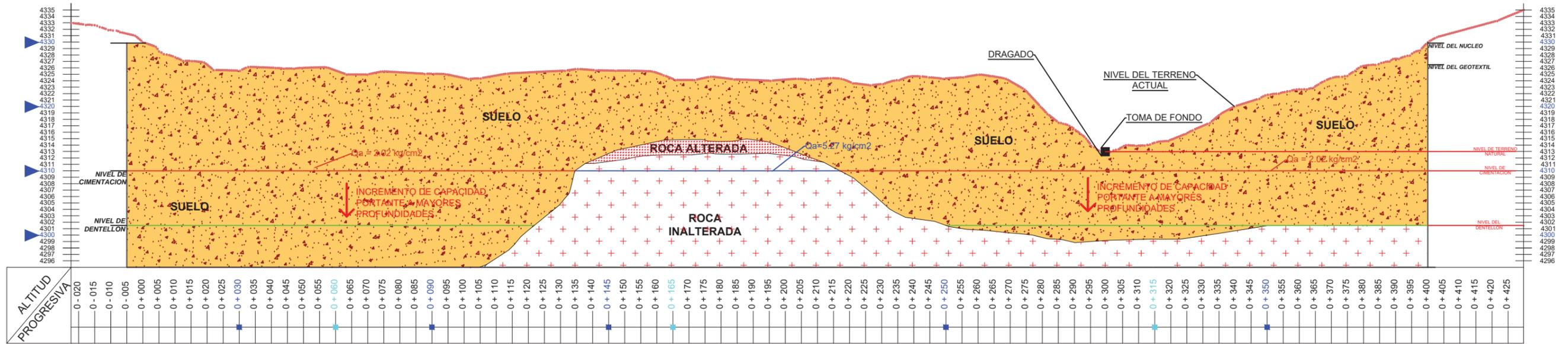
LEYENDA:

- SP - SM :ARCILLA MAL GRADADA LIMOSA
- CL - ML :ARCILLA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD
- GP - GC :GRAVA MAL GRADADA ARCILLOSA



 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>			
<p>TESIS : "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUEQUECOCHA, DISTRITO DE VELILLE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2020"</p>			
<p>FUENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GEOCATMIN • SAS PLANET • GOOGLE MAPPER • GOOGLE EARTH 		<p>PLANO:</p> <p style="text-align: center;">CONDICIONES DE CIMENTACION DE LA PRESA</p>	
<p>REVISADO POR:</p> <p style="text-align: center;">ING. CARLOS BARRIENTOS GUZMAN</p>		<p>UBICACION:</p> <p>DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CHUMBIVILCAS DISTRITO : VELILLE COMUNIDAD : COLLAJANA</p>	
<p>REALIZADO POR:</p> <p>BACH. CHARA HOLGUIS JEFFERSON BACH. SONCCO MAMANI YOZMAN E.</p>		<p>DATUM: WGS 84 ESCALA: INDICADA FECHA DE REALIZACION: FEBRERO, 2020 FECHA DE REVISION: MARZO, 2020</p>	
<p>REALIZADO POR:</p> <p>BACH. CHARA HOLGUIS JEFFERSON BACH. SONCCO MAMANI YOZMAN E.</p>		<p>N° DE LAMINA:</p> <p style="font-size: 2em;">GM 16</p>	

INTERPRETACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE EN EL EJE DE LA PRESA



CAPACIDAD PORTANTE EN SUELOS

Df	qa	
	Meyerhof	Vesic
2.80 m	1.53 kg/cm ²	1.52 kg/cm ²
3.00 m	2.02 kg/cm ²	2.14 kg/cm ²
3.50 m	3.25 kg/cm ²	3.70 kg/cm ²
4.00 m	4.48 kg/cm ²	5.27 kg/cm ²
4.50 m	5.71 kg/cm ²	6.83 kg/cm ²
5.00 m	6.94 kg/cm ²	8.39 kg/cm ²
5.50 m	8.17 kg/cm ²	9.95 kg/cm ²
6.00 m	9.40 kg/cm ²	11.51 kg/cm ²
6.50 m	10.62 kg/cm ²	13.07 kg/cm ²
7.00 m	11.85 kg/cm ²	14.63 kg/cm ²

CAPACIDAD PORTANTE EN ROCAS

Df	qa	
	Meyerhof	Vesic
2.80 m	3.84 kg/cm ²	3.79 kg/cm ²
3.00 m	5.27 kg/cm ²	5.62 kg/cm ²
3.50 m	8.84 kg/cm ²	10.20 kg/cm ²
4.00 m	12.40 kg/cm ²	14.78 kg/cm ²
4.50 m	15.97 kg/cm ²	19.35 kg/cm ²
5.00 m	19.53 kg/cm ²	23.93 kg/cm ²
5.50 m	23.10 kg/cm ²	28.51 kg/cm ²
6.00 m	26.66 kg/cm ²	33.08 kg/cm ²
6.50 m	30.23 kg/cm ²	37.66 kg/cm ²
7.00 m	33.80 kg/cm ²	42.23 kg/cm ²

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
	TESIS : "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y ESTANQUEIDAD DE LA PRESA QUERQUECOCHA, DISTRITO DE VELLILE, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS, DEPARTAMENTO DEL CUSCO, 2020"		
FUENTE: * GEOCATM * SAS PLANET * GOOGLE MAPPER * GOOGLE EARTH	PLANO: ZONIFICACION DE CAPACIDADES PORTANTES EN EL EJE DE LA PRESA	UBICACION: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CHUMBIVILCAS DISTRITO : VELLILE COMUNIDAD : COLLANA	
REALIZADO POR: BACH CHARA MOLGUNI JEFFERSON BACH SANCHEZ MARIANA YODHANE	REVISADO POR: ING. CARLOS BARRIENTOS GUZMAN	DATUM : VGS 84 ZONA : 19L CUADRANTE : 39S	ESCALA : INDICADA FECHA DE REALIZACION : FEBRERO, 2020 FECHA DE REVISION : MARZO, 2020
			N° DE LAMINA: GM-17