

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**

Presentado por:

Bach. Moisés Astete Samata

Bach. Rosa Cruz Guizado

**Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Geólogo.**

Asesor:

Ing. Víctor Vidal Garate Góngora

CUSCO – PERU

2022



DEDICATORIAS

Esta tesis le dedico a mi madre Luciana Samata Quispe que Dios lo tenga en su gloria, a mi padre Luis Benedicto Astete Gonzales quien con su apoyo incondicional me motivó a seguir luchando por la vida y hoy gracias a él cumplo uno de mis sueños.

A mis apreciados hermanos Alberto, Wilmer, Rufina y Senobia Astete Samata quienes infundieron el amor, respeto y apoyo incondicional durante mi formación personal y profesional.

A todos los distinguidos Docentes Universitarios que influyeron en mi formación académico y personal, finalmente a mis amigos y parientes quienes me incentivaron a seguir adelante.

Moisés Astete Samata.

Este trabajo de investigación es dedicado en primer lugar al creador de todas las cosas, al Dios omnipotente quien me a dado la fuerza necesaria para seguir adelante a pesar de los obstáculos.

A mi hermosa madre Anacleta Guizado Ojeda a quien admiro y aprecio mucho que a pesar de sus problemas y sus dificultades supo inculcarme los buenos valores de igual forma a mi querido padre Guillermo Cruz Jara por su amor, trabajo y sacrificio

A mis hermanos Edwin, Balbina, Susana, María, Elisa, Wilber y José Cruz Guizado por sus palabras de motivación y apoyo.

A mis docentes y amigos de mi querida Universidad, a todos aquellos que han contribuido con ese granito de arena para mi formación profesional.

Rosa Cruz Guizado.



AGRADECIMIENTOS

Nuestros sinceros agradecimientos a Dios, a nuestros padres, amigos y familiares que con su apoyo constante se hizo realidad la tesis.

Así mismo agradecemos a nuestra tricentenaria casa de estudios UNSAAC, a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia, Escuela profesional de Ingeniería Geológica por abrirnos sus puertas y formar parte de esta familia donde nos desarrollamos como profesionales.

De forma particular a nuestro Asesor Ing. Víctor Vidal Garate Góngora, por la orientación en el desarrollo de la tesis, por compartir su conocimiento y experiencia profesional; a los Docentes universitarios por su apoyo absoluto.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



CONTENIDO

DEDICATORIAS	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	11
CAPITULO I: GENERALIDADES.....	13
1.1. INTRODUCCION	13
1.2. UBICACIÓN	13
1.2.1. UBICACIÓN POLITICA.....	13
1.2.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA	14
1.2.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA.....	15
1.3. ACCESIBILIDAD	15
1.4. METODOLOGIA DE TRABAJO	18
1.4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.4.2. OBJETIVOS	18
1.4.3. HIPOTESIS	19
1.4.4. JUSTIFICACION.....	19
1.4.5. MARCO TEORICO	20
1.4.6. MARCO REFERENCIAL.....	23
1.4.7. MARCO CONCEPTUAL.....	24
1.4.8. PROCESO METODOLOGICO	24
1.5. IDENTIFICACION DE VARIABLES.....	26
1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	26
1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	26
1.6. CLIMA Y VEGETACION	26
2. CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA	27
2.1. GENERALIDADES.....	27
2.2. GEOMORFOLOGIA REGIONAL	27
2.2.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES	28
2.3. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES LOCALES.....	31
2.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTONICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	32
2.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL Y AGRADACIONAL	33
2.3.2.1 DEPRESION – TERRAZAS COLUVIALES.....	33
2.3.2.2 PIEDEMONTES- VERTIENTE COLUVIAL.....	33
2.3.2.3 CUERPOS DE AGUA	34
3. CAPITULO III: GEODINAMICA Y PELIGRO SISMICO	36



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



3.1. GENERALIDADES.....	36
3.2. GEODINAMICA INTERNA	36
3.2.1. SISMICIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO	37
3.2.2. FUENTES SISMOGÉNICAS.....	37
3.2.3. PELIGRO SISMICO	44
3.3. GEODINAMICA EXTERNA.....	47
3.3.1. EROSION DE LADERAS	48
3.3.2. CAIDA DE ROCAS	49
4. CAPITULO III: GEOLOGIA	50
4.1. GENERALIDADES.....	50
4.2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	50
4.2.1. LITOESTRATIGRAFÍA	50
4.3. GEOLOGIA LOCAL	54
4.3.1. FORMACION ANANEA	54
4.3.2. FORMACION PACHATUSAN	56
4.3.3. FORMACION HUAMBUTIO	56
4.3.4. FORMACION HUANCANE.....	56
4.3.5. FORMACION MARAS	58
4.3.6. DEPOSITOS CUATERNARIOS	59
5. CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL	61
5.1. GENERALIDADES.....	61
5.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL	61
5.2.1. DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES.....	61
5.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL	64
5.3.1. FALLA URCOS.....	64
6. CAPITULO V: GEOFÍSICA	66
6.1. GENERALIDADES.....	66
6.2. PROSPECCION GEOFÍSICA.....	67
6.2.1. TRABAJO DE CAMPO	67
6.3. MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA.....	68
6.3.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA	68
6.3.2. EQUIPO E INSTRUMENTOS	68
6.3.3. PROCESAMIENTO DE DATOS DE RS 001	70
6.3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS DE RS 002	71
6.4. METODO DE MASW 2D (ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES)	73



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



6.4.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MASW 2D	73
6.4.2. EQUIPO E INSTRUMENTOS	73
6.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS DE MASW 001 - 2D	73
6.4.4. PROCESAMIENTO DE DATOS DE MASW 002- 2D	75
6.5. PARÁMETROS ELÁSTICOS	77
7. CAPITULO VI: HIDROLOGIA.....	81
7.1. GENERALIDADES.....	81
7.2. ANALISIS DE PARAMETROS MORFOMETRICOS	81
7.2.1. CURVA HIPSOMETRICA.....	85
7.3. ANALISIS DE INFORMACION METEOROLOGICA.....	86
7.3.1. TEMPERATURA (°C)	88
7.3.2. HUMEDAD RELATIVA (%).....	89
7.3.3. VELOCIDAD DE VIENTO (M/S).....	90
7.3.4. HORAS SOL (HR)	91
7.3.5. EVAPORACION (MM).....	92
7.3.6. EVAPOTRANSPIRACION (MM)	93
7.3.7. PRECIPITACION (MM).....	94
7.3.8. PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS (MM)	105
7.4. PERIODO DE RETORNO.....	106
7.5. ANALISIS DE FRECUENCIA DE PRECIPITACION MAXIMA	107
7.6. CAUDAL MAXIMO.....	107
8. CAPITULO VI. HIDROGEOLOGIA.....	108
8.1. ACUIFERO	108
8.1.1. Acuífero Fisurado sedimentario	108
8.1.2. Acuífero poroso no consolidado fluvial	108
8.1.3. Acuífero volcánico sedimentario	108
8.2. ACUITARDO	109
8.2.1. Acuitardo no consolidado coluvial.....	109
8.2.2. Acuitardo no consolidado Aluvial	109
8.2.3. Acuitardo sedimentario Maras	109
8.3. ACUICLUDO	109
8.3.1. Acuicludo metamórfico	109
9. CAPITULO VII: GEOTECNIA	110
9.1. GENERALIDADES.....	110
9.2. PROSPECCION GEOTECNICA.....	110



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



9.2.1. PROSPECCION DE POZOS DE EXPLORACION POR CALICATA.....	110
9.2.2. ENSAYOS DE CAMPO	113
9.2.3. ENSAYOS DE GABINETE	114
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFIA.....	142
ANEXO.....	144

LISTADO DE TABLAS

Tabla N°1: Ubicación política del puente Parocán.....	13
Tabla N°2: Ubicación geográfica del estribo derecho del puente Parocán.....	14
Tabla N°3: Ubicación geográfica del estribo izquierdo del puente Parocán.....	15
Tabla N°4: Ubicación UTM del estribo derecho e izquierdo del puente Parocán.....	15
Tabla N°5: Ubicación Hidrográfica del puente proyectada Parocán.....	15
Tabla N°6: Accesos al puente proyectada Parocán	16
<i>Tabla N°7: Clasificación de unidades geomorfológicas locales</i>	<i>32</i>
Tabla N° 8: Parámetros sísmicos para la ciudad de Urcos para periodos de 30, 50 y 100 años .44	44
Tabla N°9: Parámetros de zonificación sísmica de la Ciudad de Urcos.....	44
Tabla N°10: cálculo de aceleración de las ondas sísmicas a e intensidad esperada en la escala de Mercalli en el puente Parocán.....	46
Tabla N°11: Grado de Intensidad según los valores obtenidos con la fórmula de Steinmom (1982). Fuente: (INDECI, 2011).....	47
Tabla N°12: Ubicación de Líneas de Refracción Sísmica y MASW 2D	67
Tabla N°13: Parámetros de adquisición de datos para el ensayo de Refracción Sísmica	69
Tabla N°14: velocidad de ondas de compresión en m/s Vp de diferentes materiales geológicas.	71
Tabla N°15: descripción e interpretación de los perfiles de Refracción Sísmica.....	72
Tabla N°16: resumen de valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo.	75
Tabla N°17: Descripción e interpretación de los perfiles de MASW 2D.....	76
Tabla N°18: Variación de las propiedades del suelo con la deformación cortante.....	77
Tabla N 19: Parámetros elásticos inferidos de los ensayos RS-01 & MASW-01.....	80
Tabla N°20: Parámetros elásticos inferidos de los ensayos RS-02 & MASW-02	80
Tabla N°21: Parámetros morfométricos de la cuenca Vilcanota.	84
Tabla N 22: Variables para elaborar la curva hipsométrica de la cuenca Vilcanota	85
Tabla N°23: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas usadas en el estudio.	86
Tabla N°24: Ubicación política de las estaciones meteorológicas usadas en el estudio	87
Tabla N°25: Usos de variables meteorológicas por estación para la zona de estudio.	88
Tabla N°26: Temperatura máxima, mínima y media mensual regionalizada para la zona de estudio.	88
Tabla N°27: Humedad relativa media mensual (%) para la zona de estudio.	89



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Tabla N° 28: Velocidad de viento media mensual (m/s) para la zona de estudio	90
Tabla N°29: Horas sol media mensual para la zona de estudio.	91
Tabla N°30: Evaporación media mensual (mm) para la zona de estudio.....	92
Tabla N°31: Evapotranspiración media mensual para la zona de estudio.	94
Tabla N°32: Precipitaciones totales mensuales (mm)-Estación Pomacanchi.	95
Tabla N°33: Precipitaciones totales mensuales (mm)-Estación Sicuani.....	96
Tabla N°34: División en subtramos de los registros.	99
Tabla N°35: Parámetros estadísticos de las series Tramo 01 y Tramo 02.....	100
Tabla N°36: Parámetros para el análisis de la consistencia de la serie.	100
Tabla N°37: Parámetros obtenidos para el análisis de consistencia en la desviación estándar.	101
Tabla N°38: Parámetros obtenidos para el análisis de tendencia en la media Tm.	102
Tabla N°39: Parámetros obtenidos para el análisis de tendencias en la desviación estándar. .	104
Tabla N°40: Precipitación media mensual y anual para la zona de estudio.....	105
Tabla N°41: Registro de precipitaciones máximas de 24 horas por cada estación.	105
Tabla N°42: 42: Valores de retorno para T (años).	106
Tabla N°43: Periodo de retorno para el diseño de obras.	106
Tabla N°44: Precipitación máxima en 24 horas (mm).	107
Tabla N°45: Caudales de diseño.	108
Tabla N°46: Ubicación y profundidad de los pozos de exploración por calicata de la zona de estudio. Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022).....	110
Tabla N°47: Norma de extracción y transporte de muestra	113
Tabla N°48: cálculo del contenido de humedad de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.	115
Tabla N°49: desarrollo del peso unitario del suelo de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m	117
Tabla N°50: cálculo de la gravedad especifica de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m	118
Tabla N°51: análisis granulométrico por tamizado de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.....	119
Tabla N°52: análisis del límite líquido y limite plástico de la muestra obtenido de la calicata C- 01 a una profundidad de 5.00m	120
Tabla N°53: Clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos SUCS de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.....	121
Tabla N°54: Clasificación de suelo según según AAHTO de la muestra obtenido de la calicata C- 01 a una profundidad de 5.00m	122
Tabla N°55: Resumen de clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS Y AASHTO) de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m	122
Tabla N°56: capacidad de carga admisible de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.	123
Tabla N°57: Resumen de los parámetros geotécnicos de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.....	124
Tabla N°58: cálculo del contenido de humedad de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m.	126



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Tabla N°59: obtención de pesos unitarios de suelos de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m	127
Tabla N°60: cálculo de la gravedad especifica de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m	128
Tabla N°61: análisis granulométrico por tamizado de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m.....	130
Tabla N°62: análisis del límite líquido y limite plástico de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m	131
Tabla N°63: Clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos SUCS de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m.....	132
Tabla N°64: Clasificación de suelo según AASHTO de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m.....	133
Tabla N°65: Resumen de clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS Y AASHTO) de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m	133
Tabla N°66: capacidad de carga admisible de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m	134
Tabla N°67: Resumen de los parámetros geotécnicos de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m	135

LISTADO DE FIGURAS

Figura N°1: Mapa de ubicación del Puente Parocán.	14
Figura N°2: Ruta de accesibilidad desde la ciudad de Cusco hacia la zona de ubicación del puente Parocán	16
Figura N°3: Mapa de Accesibilidad al puente Parocán.	17
Figura N°4: concepto de luz, vano y tramo	21
Figura N°5: Unidades geomorfológicas regionales	28
Figura N°6: Vista de las unidades geomorfológicas regionales, la zona de estudio se encuentra dentro de la cordillera oriental y altiplano aguas arriba.	29
Figura N°7: Unidades geomorfológicas locales del Cuadrángulo de Cusco hoja 28-s.....	30
Figura N°8: Vista de laguna de Urcos subunidad geomorfológica	34
Figura N°9: Mapa de Unidades Geomorfológicas de la Zona de estudio.....	35
Figura N°10: Principales sistemas de fallas presentes en la región del Cusco.	36
Figura N°11: Parámetros sísmicos de la región de Urcos para periodos de 30, 50 y 100 años...38	
Figura N°12: Mapa zonificación sísmica del Perú	39
Figura N°13: Mapa zonificación sísmica del Perú	40
Figura N°14: Mapa sísmica del Perú	41
Figura N°15: Mapa sísmica de Cusco.....	42
Figura N°16: Mapa de Calificación de Provincias según Nivel de Peligros Sísmicos	43
Figura N°17: Distribución de aceleraciones en el Departamento del Cusco para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia	45
Figura N°18: Columna estratigráfica de la Formación Huambutio	51
Figura N°19: Columna estratigráfica de la Formación Pisac y Pachatusan (A) y columna estratigráfica de la Formación Huancaané, levantamiento en Huacarpay y Huambutio (B)	52



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Figura N°20: Estratigrafía de los dominios morfoestructurales regionales de Cusco.	54
Figura N°21: Mapa Geológico local de la zona de estudio.....	60
Figura N°22: Escarpe de falla normal de la falla Amaru, se puede observar el aspecto fresco de la cara o faz libre, dando idea de su actividad reciente. El escarpe afecta morrenas laterales, depósitos aluviales y lacustres.	63
Figura N°23: Mapa Geológica estructural regional de la zona de estudio.....	64
Figura N°24: Mapa Geológica estructural local de la zona de estudio	65
Figura N 25: sección geológico estructural del Corte A-A' del mapa geología estructural local.	66
Figura N°26: tendido de líneas sísmicas para el estudio geofísico.....	67
Figura N°27: Esquema del principio del ensayo de Refracción Sísmica.	68
Figura N°28: Equipo de medición para ensayos de Refracción Sísmica.....	69
Figura N°29: Vista de un Registro trazas de Refracción Sísmica.	70
Figura N°30: perfil sísmico, de la línea RS-01	70
Figura N°31: velocidad de ondas de compresión en m/s Vp de diferentes materiales geológicas	72
Figura N°32: Vista de un Registro trazas de MASW 001 2D.....	74
Figura N°33: perfil sísmico MASW-01.....	74
Figura N°34: perfil sísmico MASW-02.....	76
Figura N°35: Ciclo de histéresis	77
Figura N°36: Curva de degradación de la rigidez.....	79
Figura N°37: Delimitación de la cuenca Vilcanota, partiendo del puente Parocán.	82
Figura N°38: Mapa de clasificación de subcuencas de la cuenca Vilcanota.....	83
Figura N°39: Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas	87
Figura N°40: Plano de ubicación de los pozos de exploración por calicatas para el emplazamiento de los estribos del Puente Parocán.....	111

LISTADO DE FOTOFRAFIAS

Fotografía N°1: fotografía tomada en dirección Noreste, al fondo presencia del anticlinal de Vilcanota	31
Fotografía N°2: vista de las sub unidades geomorfológicas A:cima de montaña baja, B: ladera de montaña baja empinada, C: terraza coluvio Aluvial, D:cause del rio, E: ladera de montaña baja muy empinada, F: vertiente coluvial.	35
Fotografía N°3: Erosión en cárcavas en la Formación Maras ubicado al Este del puente proyectada.	48
Fotografía N°4: Erosión en cárcavas encontrados a lo largo de la margen derecha del rio Vilcanota, aguas arriba.....	48
Fotografía N°5: evidencias del transporte de rocas en la parte baja del valle del rio Vilcanota (A), también se aprecia desprendimiento de roca arenisca de la Formación Huancané, este ubicado al Este del puente proyectado (B).....	49
Fotografía N°6: Vista de las Formaciones geológicas en la comunidad Parocán	55
Fotografía N°7: Vista de las Formación Pachatusan, Maras y Huancané.....	56
Fotografía N°8: Vista de las Formaciones Huancané y Maras, también se aprecia el contacto litológico.....	57
Fotografía N°9: Vista de las Formaciones Huancané en su miembro inferior y superior	58



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Fotografía N°10: Vista del contacto litológico entre la Formación Ananea y Fm. Maras ubicado al suroeste del puente proyectado con coordenadas E:214870.6 N:8487300.758

Fotografía N°11: Vista del afloramiento caóticos de yesos y lutitas de la Formación Maras59

Fotografía N°12: Vista del afloramiento cuaternario aluvial presentes en la zona de estudio. ...59

Fotografía N°13: Tendido de líneas sísmica y registro de datos.69

Fotografía N°14: Puente Parocán, punto del cual parte la delimitación de la cuenca.81

Fotografía N°15: excavación de los pozos de exploración o calicata con retroexcavadora para su posterior análisis lito-estratigráfico y caracterización del tipo de suelo.112



RESUMEN

El presente trabajo de investigación es el “ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO”, está ubicado políticamente en la localidad de Parocán, distrito de Urcos provincia de Quispicanchis del departamento de Cusco; Geográficamente según Datum WGS-84, en zona 19 con coordenadas E: 214965 m , N: 8487721 m, altitud 3122 msnm, hidrográficamente en la cuenca Vilcanota, este estudio es desarrollado en la etapa de factibilidad.

Los objetivos planteados son: Determinar los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos existentes para tomar medidas que garanticen la sostenibilidad y estabilidad en la ubicación del puente PAROCAN, determinar las características geológicas, geomorfológicas y estructurales, determinar los parámetros hidrológico, determinar la estratigrafía del subsuelo mediante los métodos geofísicos de Refracción Sísmica y MASW 2D, determinar la estratigrafía a través de la exploración de pozos a cielo abierto de la zona donde se ubicará el puente Parocán, determinar la capacidad portante a diferentes niveles, a través de la aplicación de teorías del análisis de suelos, determinar el asentamiento inmediato máximo que sufrirá el suelo que soportará las cargas del puente PAROCAN y las cargas vivas.

Geológicamente el puente Parocan se fundará sobre depósitos cuaternarios fluviales y aluviales, alrededor del puente Parocan se encuentran las Formaciones: al norte, este y oeste se observa afloramientos de la Formación Ananea, a 400 m al oeste del puente Parocan se observa la Formación Maras, Formación Huancane, Formación Pachatusan y Formación Huambutio y al sur se encuentran los depósitos cuaternarios coluviales. Geomorfológicamente está ubicado en la intersección de las unidades morfoestructural del Altiplano y la cordillera Oriental en el valle del Vilcanota.

La fuente sismogénica en la zona de estudio es la falla Urcos, ubicado al W a 350m del puente Parocán, tiene una dirección NW-SE y buzamientos hacia el SW, presenta una longitud de 22 Km, es una falla inversa con Rb: N 320 Y Bz: 40SW, según IGP se encuentra en la zona 2 (Sismicidad Media), con aceleraciones máximas que varían entre 0.18 a 0.29 y para la zona de estudio la aceleración máxima es de 0.24g, peligro sísmico mediante la fórmula de Steinmom (1982), es 357.92 gal quiere decir que tendremos daño desastroso para el diseño del puente Parocan, razón por el cual el planteamiento del diseño de estructura del puente debe ser capaz de soportar dicho evento sísmico.

Los resultados hidrológicos mediante el uso de los datos de las estaciones meteorológicas son: la temperatura media es 68 °C, la humedad relativa media anual es 73.5 %, la velocidad de viento media anual es 4 m/s, 2317 horas sol media anual, 1243 mm la evaporación media anual, la evapotranspiración media anual es 1415.9 mm, precipitación media anual es 582.31 mm, la precipitación máxima en 24 horas es 42.98 y caudal de diseño es 815.7 m³/s para un periodo de retorno de 140 años. La vida útil del puente es 40 años.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



Las unidades hidrogeológicas presentes son: Acuífero (Formación Ananea, depósitos aluviales, depósitos coluviales y depósitos fluviales), Acuitardos (Formación Pachuatusan y Formación Huambutio), Acuicludo de la Formación Maras y Acuíflugo la formación Ananea.

Los resultados Geofísicos mediante el métodos de Refracción Sísmica y MASW 2D, para la C-01 presenta velocidades V_p menor a 211 m/s con un espesor menor a 1 m, el cual corresponde a arena y grava suelta (Deposito aluvial), el segundo estrato presenta velocidades V_p , de 1300 m/s con un espesor mayor a los 16m, el cual se infiere como depósito aluvial saturado; con el ensayo MASW 01 se infiere deposito aluvial saturado con un V_s entre 135 a 180 m/s, hasta los 22 a 25 m, por debajo se infiere material de compacidad media con un V_s mayor a 250 m/s; y la C-02 presenta velocidades V_p de 520 m/s y V_s mayor a 250 m/s con un espesor de aproximadamente 4 m, el cual corresponde a deposito aluvial de compacidad media, el segundo estrato presenta velocidades V_p , de 1300 m/s y V_s menor a 250 m/s con un espesor de aproximadamente 20 m, el cual se infiere como depósito aluvial saturado; el tercer estrato presenta velocidades V_s mayores a 250 m/s y se encuentra a una profundidad entre 25 a 27 m, el cual se infiere como material de compacidad media.

Los resultados geotécnicos mediante los pozos de exploración son: C-01 Estribo derecho a 20cm de profundidad se observa presencia de nivel freático, y por debajo de esta hasta 5.00m de profundidad se observa material granular, canto rodado con clastos de hasta $\varnothing = 3"$ en matriz limo arenosa semi compacta y saturada, con presencia de bolonerías de hasta $\varnothing = 15"$, con coloración plomo oscuro con 13% de materiales finos. la capacidad de carga admisible haciende los 4.36 kg/cm², a partir de 3.38 m de profundidad, es por ello que se recomienda cimentar a partir de 3.38m de profundidad por debajo del espejo de agua actual, en donde se encuentra un estrato compuesto de gravas resistentes en matriz arenosa con capacidad de carga > 4.36 kg/cm². El asentamiento inmediato por torsión es de 20.50 mm y el asentamiento por consolidación es de 17.76 mm en la calicata. Para C-02 Estribo izquierdo se realizó una excavación de 5.50m de profundidad donde también se aprecia materiales granulares con presencia de cantos rodados con clastos de hasta $\varnothing = 3"$ con presencia de matriz limo arenosa y presencia de bolones de hasta $\varnothing = 13"$ con presencia de limos y arcillas de 18%; 3. la capacidad de carga admisible es de 4.82 kg/cm², a partir de los 3.88 m de profundidad, es por ello que se recomienda cimentar a partir de los 3.88 m por debajo del espejo de agua actual, en donde se encuentra un estrato compuesto de gravas resistentes en matriz arenosa con capacidad de carga > 4.82 kg/cm². El asentamiento inmediato por torsión es de 21.60 mm y el asentamiento por consolidación es de 18.68 mm.



CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

La ubicación del Puente Parocán se realiza con la finalidad de buscar una unidad litoestratigráfica favorable para colocar la cimentación del Puente Parocán, para luego construir el puente que dinamizará la economía de la comunidad Parocán y comunidades anexas.

Los trabajos que se realizaran son el estudio geológico geotécnico e hidrológico para ubicar la construcción del puente carrozable Parocán, del distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis del departamento de Cusco, el puente está ubicado geográficamente en la zona 19L con coordenadas UTM: 214957.95m E, 8487766.8m N y una altitud de 3122msnm. Este trabajo consiste en un estudio geológico geotécnico e hidrológico para la ubicación del puente Parocán; esta tesis se realiza para aportar al desarrollo de la comunidad Parocán y comunidades aledañas, puesto que actualmente estas comunidades solo tienen un puente colgante peatonal, por este motivo es necesario realizar un estudio para ubicar el lugar adecuado y garantizado, que pueda soportar los eventos naturales, como los movimientos sísmicos, socavamientos, las máximas avenidas, entre otros. El puente proyectado será de un tipo de estructura reticulado, el cual generará un desarrollo local, regional y del país entero, es por ello que realizar este trabajo nos motiva para dar aportes al desarrollo y hacer realidad la construcción del puente carrozable que es un sueño desde hace muchos años atrás por parte de los pobladores de Urcos.

1.2. UBICACIÓN

1.2.1. UBICACIÓN POLITICA

La zona de estudio, para la ubicación del puente PAROCAN, se encuentra ubicada políticamente en la localidad de Parocán del Distrito de Urcos, Provincia de Quispicanchis, Departamento de Cusco.

UBICACIÓN POLÍTICA	
Localidad	Parocán
Distrito	Urcos
Provincia	Quispicanchis
Departamento	Cusco

Tabla N°1: Ubicación política del puente Parocán



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

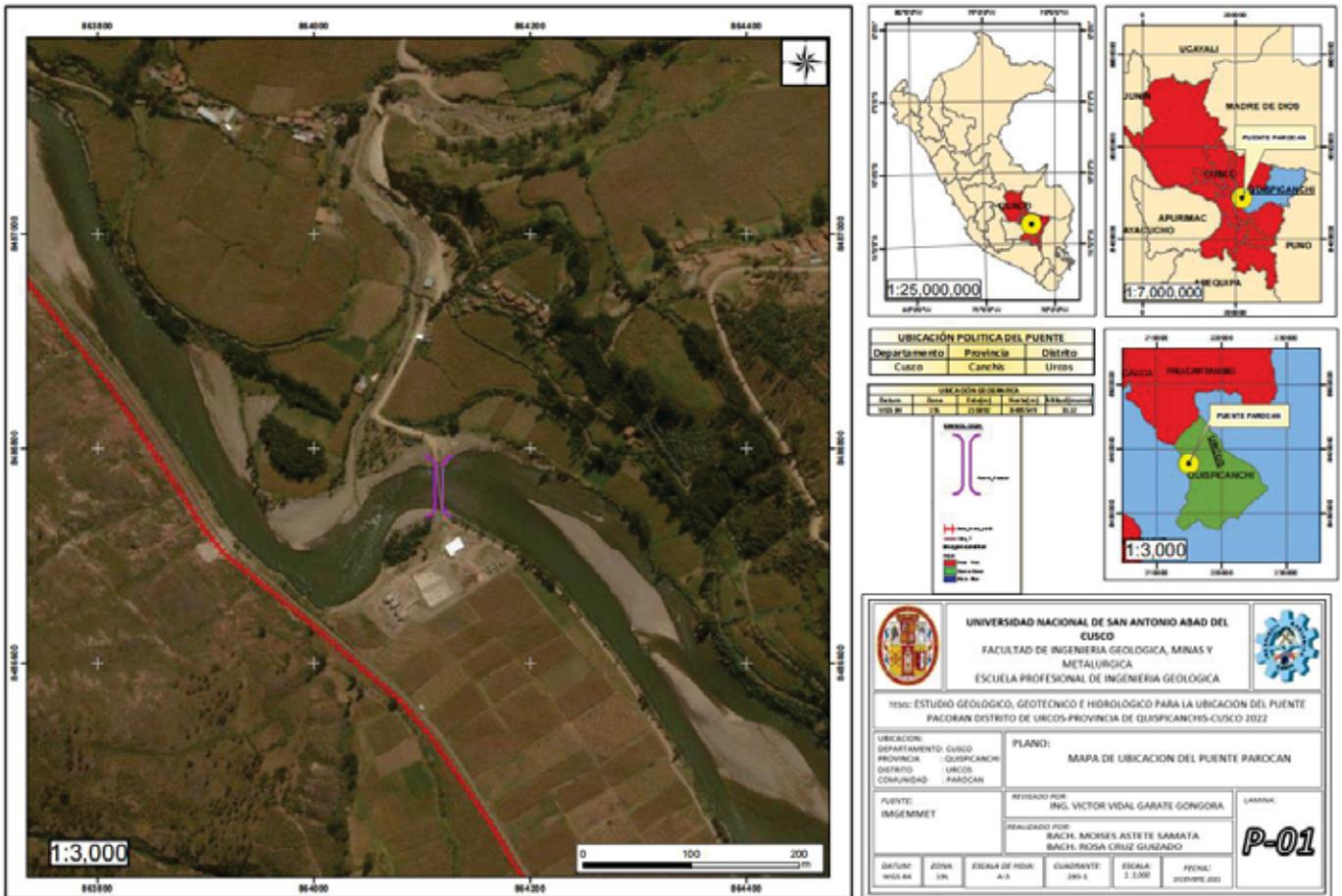


Figura N°1: Mapa de ubicación del Puente Parocán.
Fuente: Elaboración Propia

1.2.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA

La ubicación de los estribos del puente Parocán, geográficamente se encuentra ubicada en las coordenadas que se muestran en la tabla N° 2

ESTRIBO DERECHO

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LATITUD	13°39'54.21"S
LONGITUD	71°38'5.64"O

Tabla N°2: Ubicación geográfica del estribo derecho del puente Parocán



ESTRIBO IZQUIERDO

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LATITUD	13°39'55.70"S
LONGITUD	71°38'5.42"O

Tabla N°3: Ubicación geográfica del estribo derecho del puente Parocán

ESTRIBO DERECHO		ESTRIBO IZQUIERDO	
Altitud:	3122 m.s.n.m.	Altitud:	3122 m.s.n.m.
Zona Geográfica:	19 L	Zona Geográfica:	19 L
Coordenadas UTM:	214957.95 m E 8487766.8 m N	Coordenadas UTM:	214965 m E 8487721 m N

Tabla N°4: Ubicación UTM del estribo derecho e izquierdo del puente Parocán

1.2.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra dentro del cuadrángulo de Cusco en la edición 1 de la hoja 28-s1, dentro de la cuenca Vilcanota cuyo principal río que discurre es el Vilcanota, mediante el cual se efectúa la mayor parte del drenaje de esta región. El río Vilcanota aguas arriba nace en el cuadrángulo vecino de Sicuani de los nevados en la raya límite entre Cusco y Puno. Considerada como un valle joven, ya que la madurez geomorfológica de esta es muy corta, el valle del río Vilcanota se caracteriza por disecar los cerros y montañas circundantes a la zona de estudios, siguiendo una dirección Andina (SE-NW), esto por los lineamientos regionales de los valles y montañas de la cordillera oriental. El valle en “V” de esta zona de interés muestra, una clara evidencia de la actividad de geodinámica externa en los flancos de la misma, teniendo presente como deslizamientos en suelos cuaternarios o recientes, derrumbes de rocas y suelos, flujos, caída de rocas y otros similares que se suscitan a lo largo de esta unidad geomorfológica. En las orillas del río Vilcanota en la zona de Urcos, se muestra acumulaciones de materiales fluviales, evidencia que muestra una clara actividad erosiva en las partes altas e intermedias de la cuenca.

UBICACIÓN HIDROGRÁFICA	
CUENCA FLUVIAL MEDIA	Vilcanota
CUENCA HIDROGRÁFICA	Vilcanota
HOYA HIDROGRÁFICA	Atlántico

Tabla N°5: Ubicación Hidrográfica del puente proyectada Parocán

1.3. ACCESIBILIDAD

Para acceder a la zona de estudio podemos tomar dos vías principales asfaltada Cusco-Urcos ó Cusco-Sicuani, desviándose de Urcos para tomar una trocha carróza por las orillas del río Vilcanota. la distancia de recorrido se encuentra a 50 Km (Cusco-Urcos) y 2.5 Km (Urcos-puente Parocán), (Figura N°1) Todo el recorrido se da aproximadamente



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



en un tiempo estimado de 1 horas con 10 minutos, esto tomando una movilidad tipo camioneta Tabla N°6.



Figura N°2: Ruta de accesibilidad desde la ciudad de Cusco hacia la zona de ubicación del puente Parocán

ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO				
Nro	Tramo	Tipo de vía	Longitud (Km)	Tiempo aproximado de recorrido
1	Cusco-Urcos	Asfaltado	50	60 minutos
2	Urcos-Puente Parocán	Trocha carrózale	2.5	10 minutos

Tabla N°6: Accesos al puente proyectada Parocán



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

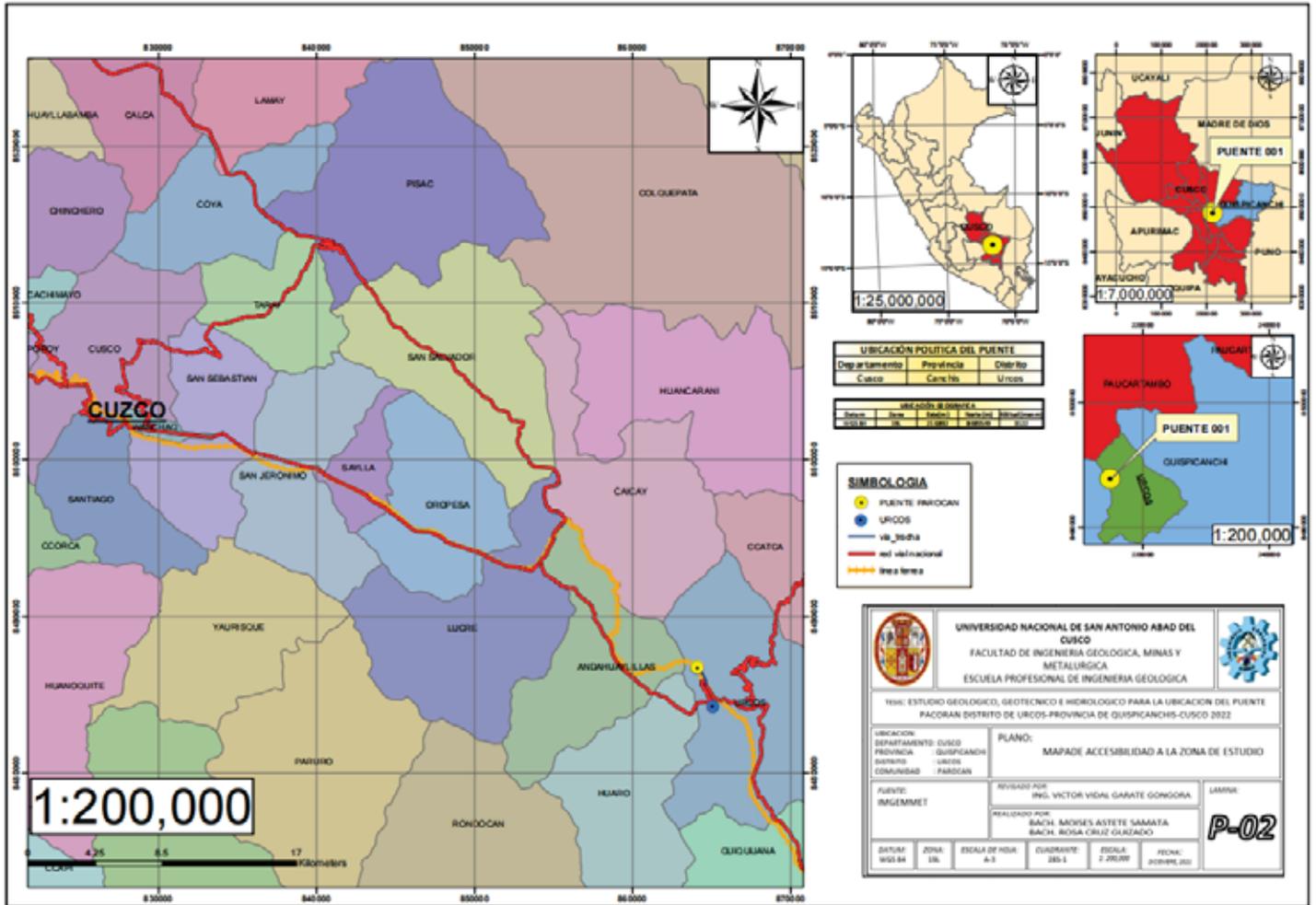


Figura N°3: Mapa de Accesibilidad al puente Parocán.
Fuente: Elaboración Propia



1.4. METODOLOGIA DE TRABAJO

1.4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA PRINCIPAL

La zona de estudio del puente Parocán requieren de estudios geológicos, geotécnicos de los suelos para determinar sus respectivos parámetros que nos permita ubicar el puente, dichos estudios también nos permitirá calcular la capacidad de carga ultima admisible, asentamientos en ambas estructuras de los estribos y calcular las máximas avenidas del rio Vilcanota, para ello se requiere el estudio hidrológico.

Este estudio se realizará de acuerdo a los datos obtenidos en campo, y serán desarrollados en el laboratorio de suelos que serán procesados para la obtención de gráficos geotécnicos y diferentes valores que finalmente servirán para dar conclusiones y recomendaciones.

1.4.1.2. PROBLEMA PRINCIPAL

Como son los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicas para tomar medidas que garanticen la sostenibilidad y estabilidad en la ubicación del puente PAROCAN.

1.4.1.3. PROBLEMA SECUNDARIO

- a. ¿Cuáles son las características geológicas, geomorfológicas y estructurales sobre el cual se ubicará el puente PAROCAN?
- b. ¿Cuáles son los parámetros hidrológicos condicionantes en la construcción de la ubicación del puente PAROCAN?
- c. ¿Cómo será la estratificación del subsuelo obtenidos mediante los ensayos geofísicos, sobre el cual se ubicarán los estribos del puente Parocán?
- d. ¿Como será la estratigrafía a según la exploración de pozos a cielo abierto de la zona donde se ubicará el puente Parocán?
- e. ¿Cuánto será la capacidad portante a diferentes niveles, a través de la aplicación de teorías del análisis de suelos?
- f. ¿Cuánto será el asentamiento inmediato máximo que sufrirá el suelo que soportará las cargas del puente Parocán y las cargas vivas?

1.4.2. OBJETIVOS

1.4.2.1. OBJETIVOS GENERALES

Determinar los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos existentes para tomar medidas que garanticen la sostenibilidad y estabilidad en la ubicación del puente PAROCAN.



1.4.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar las características geológicas, geomorfológicas y estructurales sobre el cual se ubicará el puente PAROCAN.
- b. Determinar los parámetros hidrológicos condicionantes necesarias en la ubicación del puente PAROCAN.
- c. Determinar la estratigrafía del subsuelo mediante los métodos geofísicos de Refracción Sísmica y MASW 2D, sobre el cual se ubicará el puente Parocán.
- d. Determinar la estratigrafía a través de la exploración de pozos a cielo abierto de la zona donde se ubicará el puente Parocán.
- e. Determinar la capacidad portante a diferentes niveles, a través de la aplicación de teorías del análisis de suelos.
- f. Determinar el asentamiento inmediato máximo que sufrirá el suelo que soportará las cargas del puente PAROCAN y las cargas vivas.

1.4.3. HIPOTESIS

1.4.3.1. HIPOTESIS GENERAL

Las condiciones geológicas, geotécnicas e hidrológicas son favorables para la construcción del puente PAROCAN.

1.4.3.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS

- a. Es posible determinar la característica geológica, geomorfológica y estructural sobre el cual se ubicará el puente PAROCAN, en función a los datos de campo obtenidos.
- b. Es posible determinar los parámetros hidrológicos condicionantes en la ubicación del puente PAROCAN., en función a registros y data hidrológica.
- c. Es posible determinar la estratificación del subsuelo, a través de los ensayos geofísicos sobre el cual se ubicarán los estribos del puente PAROCÁN.
- d. Es posible determinar la estratigrafía a través de la exploración de pozos a cielo abierto de la zona donde se ubicará el puente PAROCAN.
- e. Es posible determinar la capacidad portante a diferentes niveles, a través de la aplicación de teorías del análisis de suelos.
- g. Es posible determinar el asentamiento inmediato máximo que sufrirá el suelo que soportará las cargas del puente PAROCAN y las cargas vivas.

1.4.4. JUSTIFICACION

La determinación de los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos nos permite definir una adecuada ubicación con la finalidad de buscar una unidad litoestratigráfica favorable para colocar la cimentación del puente Parocan. La construcción de dicho Puente permitirá dinamizar la economía y mejorar el nivel de vida de las Comunidades Campesinas: Sallac, Cuñamuro, Huarahuasi, Huskumachay y otras comunidades correspondiente a la provincia de Quispicanchis de la región del Cusco;



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



dedicadas a las distintas actividades económicas como la agricultura, ganadería, entre otros; es de vital importancia realizar un estudio geológico, geotécnico e hidrológico, para garantizar la sostenibilidad y estabilidad en la ubicación del puente PAROCAN.

1.4.5. MARCO TEORICO

1.4.5.1. GEOLOGIA DEL CUADRANGUL CUSCO 28-S

(Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011) Carta Geológica “Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s”; Este estudio Geológico de acuerdo a la división política abarca las provincias de Cusco, Quispicanchis, Paucartambo, Paruro y Acomayo de la Región Cusco. este Cuadrángulo presenta cuatro mapas a escala 1:50,000 que corresponden a los cuatro cuadrantes del cuadrángulo 1:100,000 de Cusco (28-s). Dicha información fue descargada del INGEMMET, cuadrángulo de Cusco 28-s, con el fin de usar esta información como guía para realizar trabajos cartográficos en campo.

1.4.5.2. GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE OCONGATE Y SICUANI

(Audebaud, 1973) Carta Geológica “Geología del Cuadrángulo de Ocongate y Sicuani 28t y 29t”; Este estudio Geológico de acuerdo a la división política abarca las provincias de Canchis, Quispicanchis y Canas del departamento del Cuzco; este cuadrángulo muestra un plan del levantamiento sistemático de la Carta Geológica Nacional, a la escala 1:100,000, iniciado por la Comisión Carta Geológica Nacional y en actual ejecución por el Servicio de Geología y Minería, Dicha información fue descargada del INGEMMET, cuadrángulo de Ocongate y Sicuani 28t y 29t, con el fin de usar esta información como guía para realizar trabajos cartográficos en campo.

1.4.5.3. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PUENTES

(Melgares D. I., 2010); contenido del libro se tiene, I Emplazamiento de los puentes, II Tipología de los puentes, III cargas, IV análisis de la super estructura, V análisis de superestructuras de puentes de vigas y de losas y finalmente VI Subestructura.

Definiciones relativas a los puentes:

Concepto de: luz, vano y tramo (Melgares D. I., 2010)

Luz: Es la distancia existente entre los ejes de dos dispositivos de apoyo consecutivos.

Vano: Es la distancia existente de cara a cara de dos pilas contiguas o de cara a cara del estribo y la pila (si el puente es de una luz será de cara a cara de los estribos).

Tramo: Elemento estructural que lo salva.

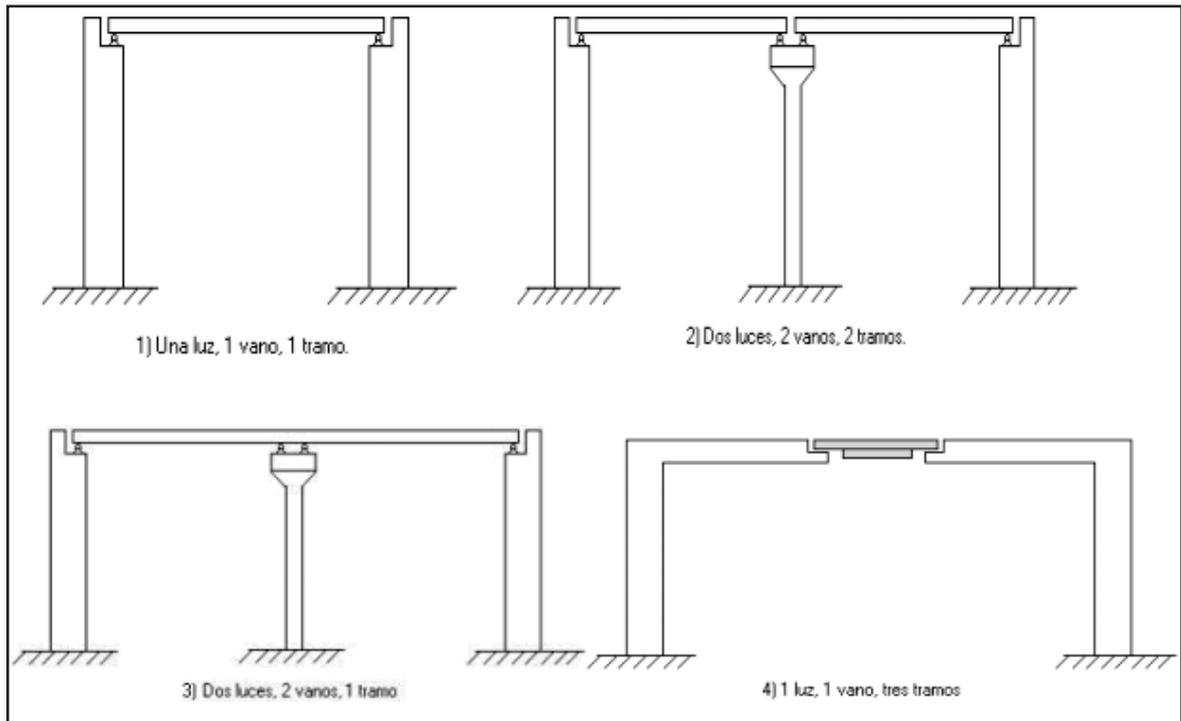


Figura N°4: concepto de luz, vano y tramo
Fuente: (Melgares D. I., 2010)

Clasificación de los puentes atendiendo al obstáculo a salvar

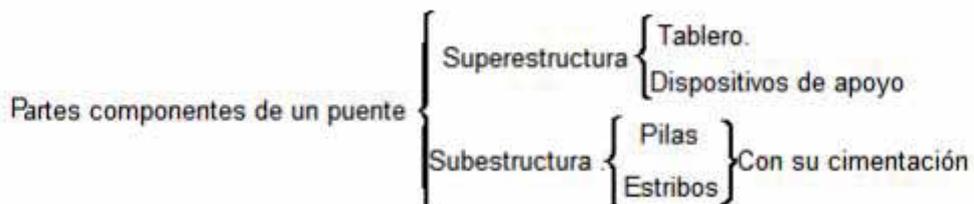
Dentro de la clasificación de puentes se tiene: puentes, viaductos, pasos (Melgares D. I., 2010).

Puente: es aquella estructura que salva un río.

Viaducto: salva una depresión natural del terreno, el mar, lago, laguna, ladera de una montaña y en general cualquier obstáculo que tenga poca movilidad o ninguna.

Paso: Salva otra vía: si elevamos por encima la vía que se construye, se llama paso superior y si pasa por debajo se llama paso inferior.

En la zona de estudio, para ubicar el puente PAROCAN, se recomendará realizar la clasificación de puente ya que como obstáculo tenemos al Rio Vilcanota.



Subestructura:



Según (Melgares D. I., 2010) clasifica a las subestructuras de la siguiente manera:

Pilas: soportan el tablero en puntos intermedios y además transmiten las cargas a la cimentación.

Estribos: soportan el tablero en los extremos, transmiten las cargas a la cimentación y además, hacen función de muros de contención. Esta contención puede ser total (estribos cerrados) o parcial (estribos abiertos).

Cimentación: puede ser directa o indirecta y su función es transmitir las cargas al suelo.

1.4.5.4. MANUAL DE PUENTES

(MTC, 2016), Norma llamado “manual para puentes”, es una norma publicada por Proyecto de actualización del “Manual de Puentes” que contiene las normas, guías y procedimientos para el diseño y cálculo estructural de puentes. Incluye los estudios de ingeniería básica y planos tipo, donde esta norma hace mención sobre los estudios hidrológicos e hidráulica y también encontramos los estudios geológicos y geotécnicos; esta información fue descargado de la página principal de MTC, dicha información fue utilizado como guía para el cálculos y procedimiento de los ensayos de laboratorio y procedimiento de cálculo hidrológico.

Gálibos o Alturas Mínimas

En los puentes metálicos reticulados el gálibo mínimo debe ser 5.50 m, distancia vertical medida entre el fondo de las vigas superiores de arriostre y el correspondiente nivel del pavimento del tablero (MTC, 2016),.

Estribos

(MTC, 2016), Los estribos serán dimensionados considerando la función de servir como transición entre el puente y la vía de tránsito principal, además de servir como apoyos de los extremos de la superestructura y como elementos de contención y estabilización de los terraplenes de acceso.

Los estribos ligeros serán usados en puentes de dimensiones comunes, existiendo tres situaciones posibles en que pueden ser empleados:

- En puentes a ser construidos antes del coronamiento de los terraplenes.
- En puentes a ser construidos antes del coronamiento de los rellenos en los cortes.
- Cuando los terraplenes de acceso son construidos antes del puente.

Los estribos de gran magnitud serán usados en puentes de luces relativamente grandes, que transmiten grandes fuerzas horizontales o con terraplenes altos, ejecutados posteriormente a la construcción del puente.



Memoria de Cálculo

(MTC, 2016), Todos los cálculos necesarios para la determinación de las solicitaciones, desplazamientos y verificación de los estados límite en cada uno de los componentes del puente deben ser presentados bajo una secuencia ordenada y con un desarrollo tal que fácilmente puedan ser entendidos, interpretados y verificados. En lo posible, deben ser iniciados con un esquema del sistema estructural adoptado, indicando dimensiones, condiciones de apoyo y cargas consideradas. Las hipótesis de cálculo de los métodos de verificación utilizados deben ser indicadas con claridad, los símbolos utilizados deben ser bien definidos, las fórmulas aplicadas deben figurar antes de la introducción de los valores numéricos y las referencias bibliográficas deben ser precisas y completas. Los resultados, connotaciones, unidades y símbolos, deben ser acompañados con diagramas de solicitaciones y desplazamientos.

1.4.5.5. INGENIERIA DE PUENTES

(LANDAZURI, 2002), libro **“Ingeniería de Puentes – mecánica de suelos y diseño geotécnico de cimentaciones para puentes”**, este libro proporciona información, básica, guía sobre la concepción del proyecto y los estudios necesarios para el estudio geológico, geotécnico; los estudios en este libro abarcan desde los muestreos en campo hasta los estudios en laboratorio y análisis de datos obtenidos. Esta información será de utilidad como guía para el estudio geológico y geo mecánico para la ubicación del puente Parocán.

1.4.6. MARCO REFERENCIAL

(Villafuerte Garrafa & Sutta Salas, 2015); tesis: **“Estudio geológico, geotécnico y geofísico para la construcción del nuevo puente para el terminal terrestre de Sicuani”**. El Puente Terminal se encuentra ubicado en la capital de la provincia de Canchis, situada en el Departamento de Cusco, a 118 km al sureste de la capital departamental de Cusco en el distrito de Sicuani. se toma referencia de este estudio, porque este, se encuentra sobre el mismo material granular y sobre el río Vilcanota; similar a nuestra zona de estudio.

(Huaman Levita, 2019); tesis: **“Estudio geodinámica geotécnico para el mejoramiento y ampliación de la carretera San Marino – Vilcabamba en su primer tramo puente Chaullay - Oyara distrito de Vilcabamba - La Convención - Cusco (0+000 - 27+360 km)”**. El presente trabajo de investigación se ubica en la sub cuenca del río Vilcabamba margen izquierdo del mismo río, Distrito de Vilcabamba Provincia de la Convención, Departamento de Cusco. Se ha utilizado como guía para hacer los estudios geo mecánicos.

(Atauchi Rojas, 2019); informe **“Estudio geológico, geodinámica y geotécnico para la seguridad física del tramo carretero puente Chaullay - Mesacancha, Distrito de Vilcabamba Provincia la Convención - Departamento Cusco”**. El presente trabajo, estructuralmente, está comprendida dentro de la Cordillera Oriental, en la parte sur de Perú, a partir del mapa geológico, considerando su ubicación dentro de la deflexión de Abancay. Este informe sirvió de guía para la parte hidrológica, en este informe se encuentra en el CAPITULO V.



(Carhuancho, 2011); tesis: “**La geotecnia en el impacto al medio ambiente de la construcción del puente Amazonas, Huancayo**”. con fines de Cimentación para la construcción del Puente Amazonas de la ciudad de Huancayo y la rehabilitación de accesos que une los distritos de El Tambo y Huancayo; este informe se usó para una guía para la estructura de nuestro proyecto.

1.4.7. MARCO CONCEPTUAL

ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL METODO DEL CONO DE ARENA

Este método es usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados a una densidad específica o a un porcentaje de densidad máxima determinada por un método de ensayo normado. Este método puede ser usado para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar. Este método de ensayo se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg (38 mm). (MTC, 2016)

ENSAYO SPT

El ensayo de penetración standard (SPT) es un ensayo de campo Se mide la resistencia a la penetración del terreno mediante la hincada dinámica de un sacamuestras que tiene una forma normalizada; El sacamuestras se hinca 45 cm en el fondo de una perforación mediante golpes de una maza de 63.5 kg que cae desde 76 cm de altura Aunque se recupera una muestra, este no es el objetivo principal del ensayo, este ensayo puede tener dos resultados posibles: la primera NSPT: Un número entero adimensional igual a la cantidad de golpes necesarios para que el sacamuestras penetre en el terreno los últimos 30 cm, y la segunda Rechazo: más de 50 golpes para 15 cm, más de 100 golpes o 10 golpes sin ningún avance: Se informa como NN/pp, donde pp es la penetración total en centímetros para NN golpes estos ensayos se realizan según las normas de ASTM D 1586 Y D6066. (ALEJO O,Sfriso, 2016)

1.4.8. PROCESO METODOLOGICO

METODO INDUCTIVO Y DEDUCTIVO

El diseño de tipo no experimental transaccional correlacional causal, debido a que no se manipulan las variables y se realizan un estudio sistemático, donde se recolectan los datos en un momento y tiempo con el propósito de describir las variables, analizar su incidencia o interrelación.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



La investigación se basa en un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), el enfoque cualitativo se basa en la evaluación y análisis de las características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas de la zona de estudio, el enfoque cuantitativo se basa en la medición y análisis características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas del puente.

El método del puente es inductivo y deductivo

Inductivo: correlacional de información de las variables independientes (geología, geotecnia e hidrogeología), partiendo de las observaciones de hechos y fenómenos, para clasificar y estudiar los datos recaudados, con lo cual finalmente llegaremos a una conclusión.

Deductivo: llegar al objetivo principal, partiendo de conocimientos anteriores o existentes para llegar a casos particulares en la zona de estudio usando la lógica y razonamiento.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

ETAPA DE PRE-CAMPO

Se realizará una exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la cuenca VILCANOTA, centrada principalmente en las investigaciones geológico, geotécnico e hidrogeológico.

Evaluación de los aspectos geológicos geotécnicos de la zona de cimentación del puente PACORAN, así como las obras conexas. Investigación e identificación de las zonas de canteras de materiales locales.

ETAPA DE CAMPO I

Se realizará un mapeo geológico y topográfico local a detalle; para caracterizar geológica y morfológicamente la zona, sobre el mapa base resultante se caracterizará el control estructural de la zona.

ETAPA DE CAMPO II

En esta etapa se realizará prospección geofísica estudio de sismicidad, prospecciones directas en base a calicatas ensayos in-situ y ensayos estándar. Para la caracterización geotécnica.

ETAPA DE LABORATORIO



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



Se realizará ensayos especiales de laboratorio que comprendieron ensayos de mecánica de suelos, mecánica de rocas y de materiales para concreto.

ETAPA DE POST-CAMPO

Se realizará la organización y síntesis de todo el trabajo realizado en campo y gabinete.

Evaluación de resultados y tipificación de las características geotécnicas de los materiales de la cimentación de los estribos y otras obras anexas.

ETAPA DE GABINETE

Procesamiento y corrección de la información de Campo; comprobación de hipótesis, obtención de resultados finales. Redacción del informe

ETAPA FINAL

Sustentación final del proyecto de tesis.

1.5. IDENTIFICACION DE VARIABLES

1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Geología
- geotecnia
- Hidrogeología
- Geofísica
- Flujo Superficial
- Estructural
- Geomorfología
- Propiedades geo mecánicas del suelo

1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Factor de seguridad del puente
- Capacidad de carga admisible
- Tipo del puente

1.6. CLIMA Y VEGETACION

El clima en la región del cuadrángulo de Cusco como en gran parte de la Cordillera de los Andes, presenta una estación seca durante los meses de abril a noviembre y otra con



abundantes lluvias de diciembre a marzo, estas al caer, después de una estación seca, sobre las laderas constituidas por lutitas, y areniscas fracturadas así como sobre el material suelto originan huaycos y deslizamientos que modifican la morfología; esto se observa a lo largo de los grandes valles de la región.

El clima entre los 3,800 m. y los 4,600 m.s.n.m. según TOSI, se denomina Piso Sub-Alpino, el que se caracteriza por su altitud, presión y latitud. Este piso está representado, en el área de estudio por las altas vertientes y mesetas andinas o zonas de puna. El clima de esta zona varía de templado a frío, siendo a mayor altura más frío, con temperatura media anual es de 13.68° C.

La temperatura máxima absoluta es superior a 20° C y la mínima absoluta es inferior a 0° C, principalmente entre junio y agosto. Las precipitaciones entre diciembre y marzo están comprendidas entre 500 mm y 1,000 mm.

La zona de estudio posee flora como: pasto, izu, muña, chilca y sobre todo destacando el eucalipto,

2. CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA

2.1. GENERALIDADES

Los rasgos geomorfológicos a escala regional y local son el resultado de procesos neotectónicos y por procesos de erosión que principalmente por la actividad erosiva del río Vilcanota y otras actividades de geodinámica externa y la geodinámica interna.

La zona de estudio se encuentra situado entre dos cerros elevado y sobre el río Vilcanota, donde este río nace principalmente del nevado salcantay y la raya, la zona presenta una geografía relativamente accidentada, correspondiente a una geomorfología típica de la Cordillera de los Andes; montañoso, altiplanicie y de valle configurado por el movimiento de masas glaciares, con pendientes bajas, moderadas y elevadas. La altitud de la ubicación del puente Parocán se encuentra a 3122 m.s.n.m.

2.2. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

En el área de estudio se identifican cuatro unidades morfológicas o morfoestructurales: Cordillera Oriental, zona intermedia, altiplano-cordillera oriental, altiplano y borde NE de la cordillera occidental.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

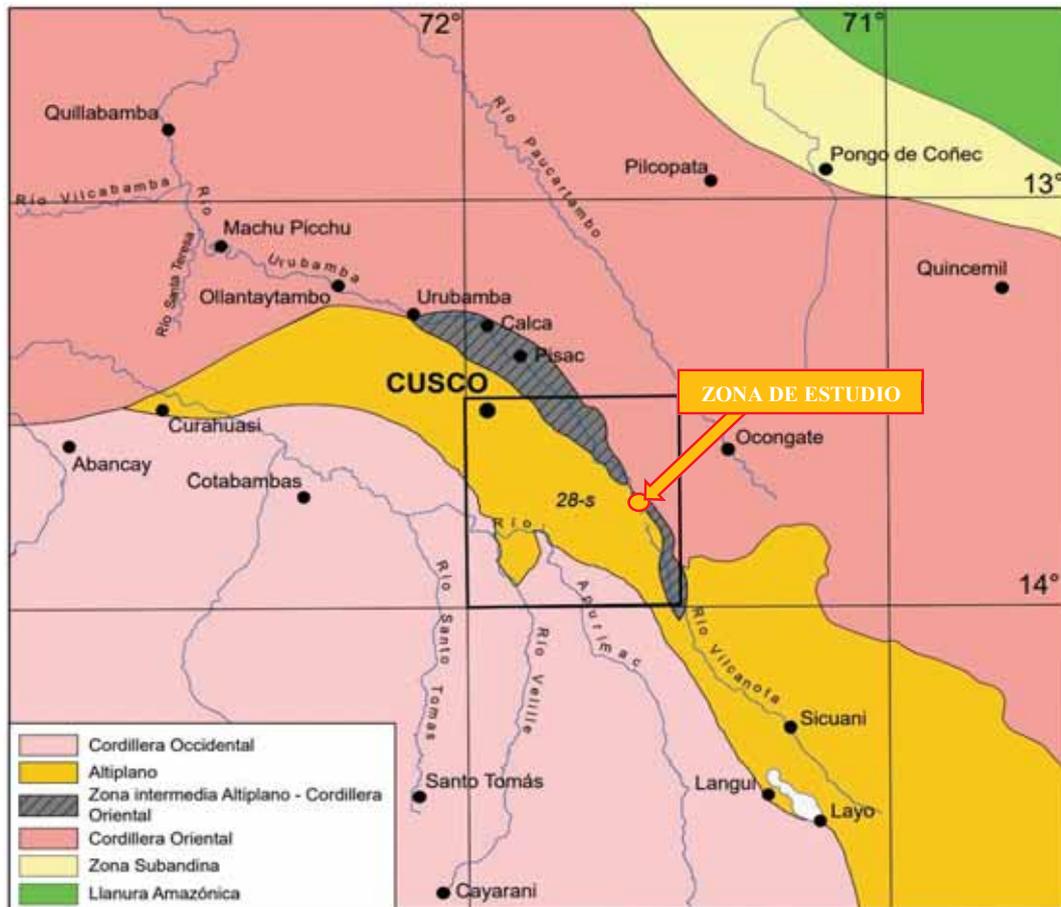


Figura N°5: Unidades geomorfológicas regionales
Fuente: (Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011)

2.2.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

2.2.1.1. CORDILLERA ORIENTAL

La Cordillera Oriental ocupa la parte noreste del cuadrángulo de Cusco y principalmente el cuadrante I. Presenta relieves relativamente ondulados con alturas que varían entre 4000 y 4500 msnm donde las laderas que forman el flanco norte, del río Vilcanota son accidentadas ya que esta última se halla entre 3300 y 3150 m de altitud. En esta ladera destaca la presencia de quebradas transversales de dirección NE-SO con relieves igualmente accidentados (Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011).

Los sistemas de fallas son parte del sistema regional NO-SE Urcos-Sicuani-Ayaviri (Víctor Carloto, 2009) y sobre ellas se han emplazado una serie de pequeños cuerpos de volcánicos monogenéticos de edad pliocuaternaria y de composición shoshonítica como Rumicolca, Huambutío y Oropesa (Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011)



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



A nivel de la región de Cusco, la Cordillera Oriental que tiene una dirección general NO-SE, sufre a la altura de Ollantaytambo un aparente “desplazamiento” al SO controlado por el sistema FPT de dirección NE-SO. Es decir que el sistema de fallas FPT separa, al oeste el núcleo de la Deflexión de Abancay (E-O) de las estructuras de dirección andina (NO-SE) al este (Carlotto, 1998).

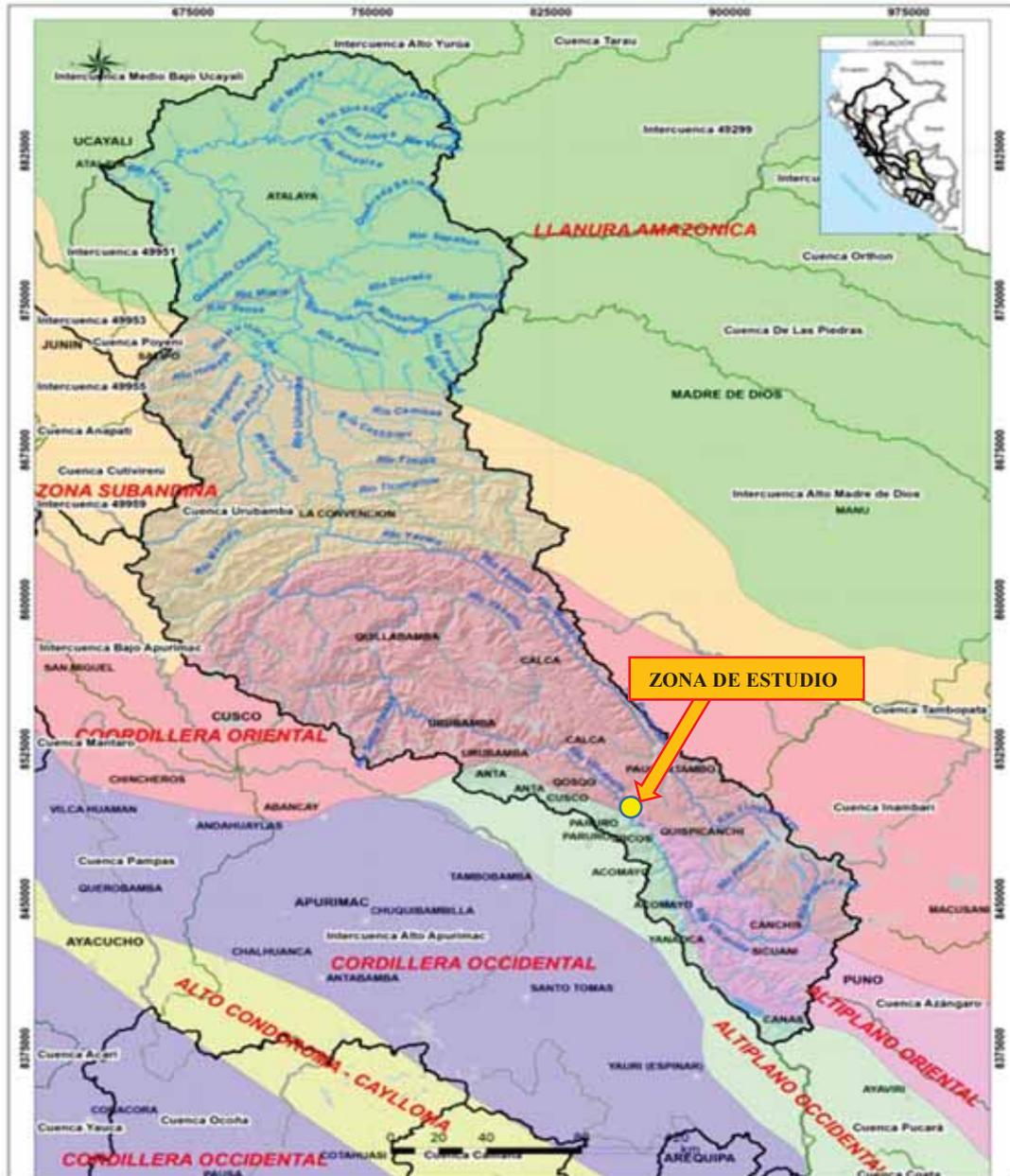


Figura N°6: Vista de las unidades geomorfológicas regionales, la zona de estudio se encuentra dentro de la cordillera oriental y altiplano aguas arriba.

Fuente: (SNIRH,ANA, 2014)



2.2.1.2. ALTIPLANO

En el Altiplano de Cusco (cuadrantes I y IV) se han distinguido las siguientes unidades locales: Depresión de Cusco-Huacarpay, Meseta de Saqsaywaman, Montañas del Cusco, Serranías de Vilcaconga, Montañas de Ancaschaca, Montañas ChinchayIchuloma y las Montañas de Seratichin Orcco-Pumahuas. las Serranías de Vilcaconga se ubican al sur de la depresión de Cusco y están conformadas por cumbres alineadas en dirección NO-SE que se prolongan hasta Acomayo, donde está el cerro Pichaquena (4867 msnm), así como al sur de Quiquijana (cerro Acuyac, 4985 msnm). Aquí afloran ampliamente las capas rojas del Grupo San Jerónimo y la Formación Punacancha, las que se hallan plegadas. Los relieves son relativamente accidentados cuando están cortados por los ríos Huatany o Vilcanota, así como por las quebradas transversales NE-SO, si no es así, el relieve es bastante ondulado. Estas serranías están separadas parcialmente de las montañas Chinchay (4384 msnm) e Ichuloma (3966 msnm) por la pequeña depresión fluvial de Racran, y esta a su vez de las Montañas de Seratichin Orcco (4298 msnm)-Pumahuasi (4428 msnm) por la depresión Paruro-Yaurisque (Carlotto, 1998)

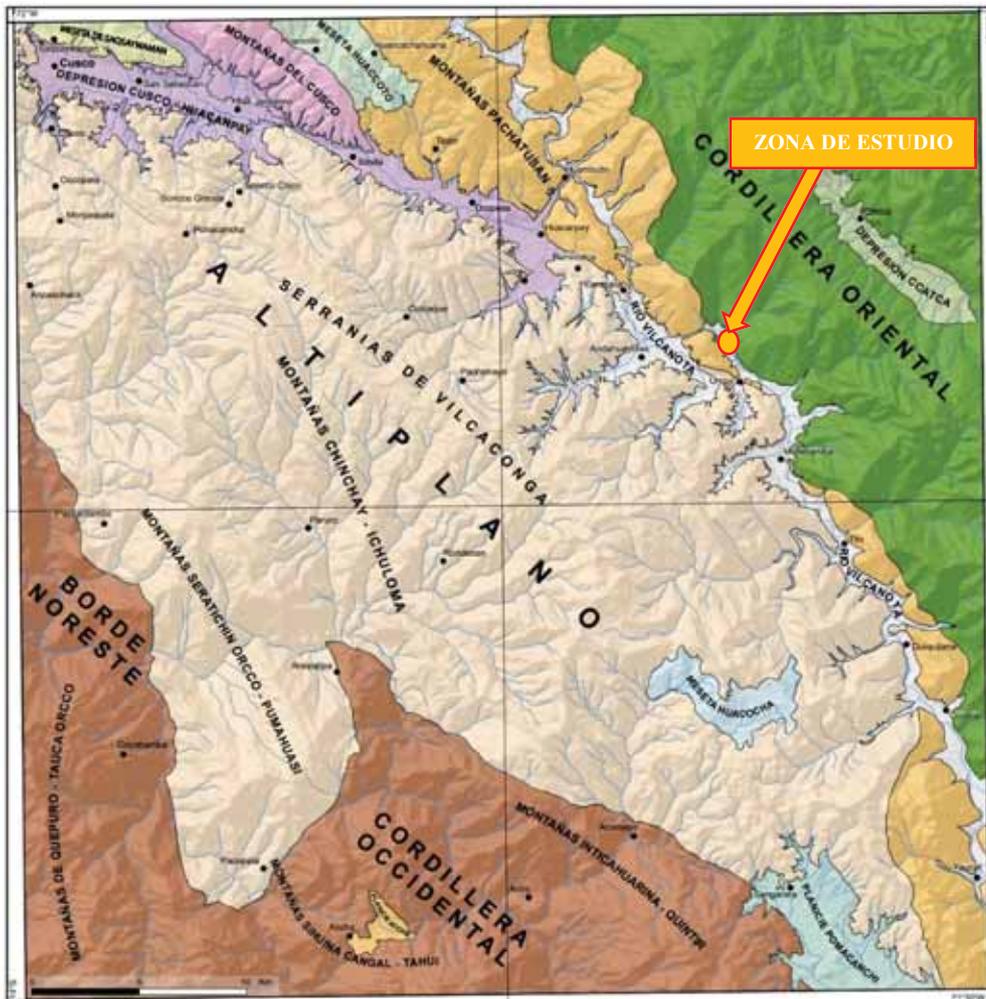


Figura N°7: Unidades geomorfológicas locales del Cuadrángulo de Cusco hoja 28-s
Fuente: (Carlotto, Cardenas, & Gabriel, 2011)



2.2.1.3. ZONA INTERMEDIA ALTIPLANO – CORDILLERA ORIENTAL

2.2.1.3.1. ANTICLINAL DE VILCANOTA

Es una franja alargada en dirección NO-SE que separa el Altiplano al sur, de la Cordillera Oriental al norte, esta unidad expone las pizarras y cuarcitas del Paleozoico superior (que están conformados por el Grupo Copacabana y la Formación Ene) y el Mesozoico (conformado por el Grupo Mitu, Formaciones Caicay y Formación Huancané). Las cotas máximas del anticlinal alcanzan los 4800 msnm y particularmente esta unidad aflora en las montañas de Pachatusan. En esta unidad se destaca el valle del Río Vilcanota que presenta la unidad geomorfológica valle interandino con dirección Andina.



Fotografía N°1: fotografía tomada en dirección Noreste, al fondo presencia del anticlinal de Vilcanota

2.3. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES LOCALES

Dentro de las unidades geomorfológicas más importantes tenemos 2 geoformas: de carácter tectónico degradacional y erosional y de carácter deposicional y agradacional las cuales están clasificadas en unidades y sub unidades como se puede apreciar en el siguiente cuadro.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES		
GEOFORMAS	UNIDAD	SUBUNIDAD
DE CARÁCTER TECTONICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	MONTAÑA	cima de montaña alta
		cima de montaña baja
		Ladera de montaña baja empinada
		Ladera de montaña baja moderadamente empinada
		Ladera de montaña baja muy empinada
DE CARÁCTER DEPOSICIONAL Y AGRADACIONAL	DEPRESION	terrazas aluviales
	PIEDEMONTE	vertiente coluvial de detritos
	CUERPOS DE AGUA	lagunas
		cauce de rio

Tabla N°7: Clasificación de unidades geomorfológicas locales

2.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTONICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

2.3.1.1. MONTAÑA

Son elevaciones de la corteza terrestre que sobresalen del terreno circundante, esta unidad geomorfológica se caracterizan por presentar grandes elevaciones, en la zona de estudio las cotas van de 3120 a 4280 msnm, las montañas más pronunciadas se encuentran al noroeste y al oeste de la proyección del puente Parocán, dentro de esta unidad se tienen 5 subunidades geomorfológicas (cima de montaña alta, cima de montaña baja, ladera de montaña baja empinada, ladera de montaña baja moderadamente empinada y ladera de montaña baja muy empinada) las cuales serán descritas a continuación.

2.3.1.1.1. CIMA DE MONTAÑA ALTA

Es una sub unidad geomorfología, está ubicado en el cerro Curi al NW del puente Parocan, es el punto de mayor altitud que va de 4280 a 4020 m.s.n.m. litológicamente está conformado por pizarras y esquistos pizarrosos de color gris y negro de la formación Ananea.

2.3.1.1.2. CIMA DE MONTAÑA BAJA

Es una sub unidad geomorfológica, está ubicado en el cerro Huiracocha al W del puente Parocán con una altitud que varía de 3640 a 3480 m.s.n.m. Litológicamente está conformado por yesos y lutitas lacustres de color rojo y verde, con algunos niveles de caliza de Formación Maras y areniscas cuarzosas fluviales bien redondeados con laminaciones oblicuas de la Formación Huancané.



2.3.1.1.3. LADERA DE MONTAÑA BAJA EMPINADA

Es una sub unidad geomorfológica, está ubicado en las faldas del cerro Huiracocha al SW, centro poblado de Puca Puca al NW, centro poblado de Chilcane al N, centro poblado de Suisa al NE y en los centros poblados de Choccollo y Ccunu cunca por el E del puente Parocan con una altitud que varía de 3560 a 3200 m.s.n.m. Litológicamente está conformado por materiales geológicos de la Formación Pachatusan, Huanbutio, Huancané, Maras, Ananea y parte de los depósitos coluvio fluviales.

2.3.1.1.4. LADERA DE MONTAÑA BAJA MODERADAMENTE EMPINADA

Es una sub unidad geomorfológica, está ubicado al S del puente Parocán con una altitud por debajo de los 3280 m.s.n.m. Litológicamente está conformado por materiales geológicos de la Formación Maras, Ananea, depósitos coluviales, aluviales y fluviales.

2.3.1.1.5. LADERA DE MONTAÑA BAJA MUY EMPINADA

Es una sub unidad geomorfológica, está ubicado por las faldas del cerro Curi al NW de 4020 a 3120 m.s.n.m y por las fandas del cerro Huacumpan al E del puente Parocan. Litológicamente está conformado por pizarras y esquistos pizarrosos de la Formación Ananea, depósitos coluviales y fluviales.

2.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL Y AGRADACIONAL

2.3.2.1 DEPRESION – TERRAZAS COLUVIALES

Es una sub unidad geomorfológica, está ubicado en el margen Izquierdo del puente Parocan, Litológicamente esta conformado por materiales no consolidados, materiales arrastrados, cantos rodados (pizarras, arenisca, material ingeno proveniente de la Formación Pachatusan) con una matriz de limos arena y arcilla con coloración gris claro y rojo grisáceo.

2.3.2.2 PIEDEMONTES- VERTIENTE COLUVIAL

Es una sub unidad geomorfológica, está ubicado en las Quebradas del centro poblado de Parocan, margen derecho del puente Parocan. Litológicamente está formado por pizarras y esquistos pizarrosos de la Formación Ananea, depósitos coluviales.



2.3.2.3 CUERPOS DE AGUA

LAGUNA

Está ubicado al sur a 3Km del Puente proyectada Parocán se aprecia la laguna de Urcos que forma parte de la microcuenca Cancha Uran, esta geoforma presenta materiales lacustres (materiales orgánicos finos)



Figura N°8: Vista de laguna de Urcos subunidad geomorfológica

CAUCE DE RIO

El río Vilcanota es el gran recolector de aguas en la zona de estudio, forma un Valle maduro, conformado por terrazas, quebradas en el flanco izquierdo del puente Parocan. Sobre esta dirección del cauce del río Vilcanota se ubicará el puente Parocan. Los materiales geológicos que se tienen en el cauce del río son depósitos fluviales constituidos de gravas sueltas de diámetro promedio de 3 cm con una matriz de arena media a gruesa.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



Fotografía N°2: vista de las sub unidades geomorfológicas A:cima de montaña baja, B: ladera de montaña baja empinada, C: terraza coluvial Aluvial, D:cause del río, E: ladera de montaña baja muy empinada, F: vertiente coluvial.

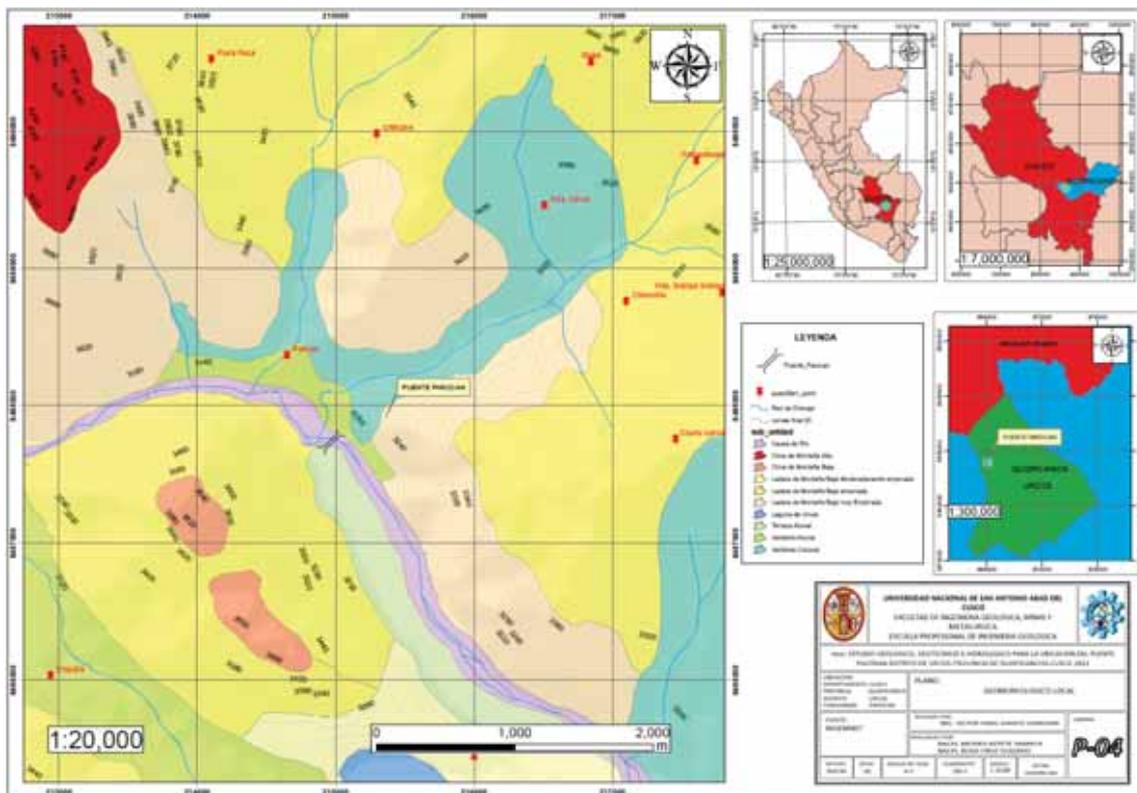


Figura N°9: Mapa de Unidades Geomorfológicas de la Zona de estudio.
Fuente: Elaboración Propia



3. CAPITULO II: GEODINAMICA Y PELIGRO SISMICO

3.1. GENERALIDADES

La zona de estudio presenta estructuras tectónicas, como fallas en dirección noroeste a sureste alineados al oeste del puente proyectado, por otra parte, en las partes altas al este del puente proyectado se aprecian plegamientos; todas estas estructuras reflejan las actividades tectónicas internas que ha sufrido la zona de estudio hace millones de años atrás, pero a la vez estos eventos tectónicos internos siguen y seguirán actuando; la topografía actual de la Cordillera Andina, es el resultado de varios procesos orogénicos ocurridos durante épocas geológicas pasadas, dando origen a la formación de pliegues, fallas, depresiones, elongaciones de los grandes intrusivos y alineamiento de conos del orden de 51 km. en la región Central y de 75 km en la región Sur (Marocco, R., 1980).

3.2. GEODINAMICA INTERNA

(Sebrier, 1982) La deformación cortical, presente en el interior del territorio peruano, tiene su origen en el proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, dando como resultados la presencia de un gran número de sistemas de fallas activas en los bordes y sobre la Cordillera de los Andes. Los sistemas mayores, por ejemplo, se ubican en el borde Oeste de la Cordillera Blanca (departamento de Ancash) con trazas de variada longitud pero que en conjunto se extienden sobre 200 km; Del mismo modo, en la región del Cusco se encuentra otro de los sistemas más importantes conformada por las fallas de Zurite, Qoricocha, Chimcheros, Tamboray, Tambomachay, Pachatusan, Urcos, Ccata, Paruro, Figura 10.

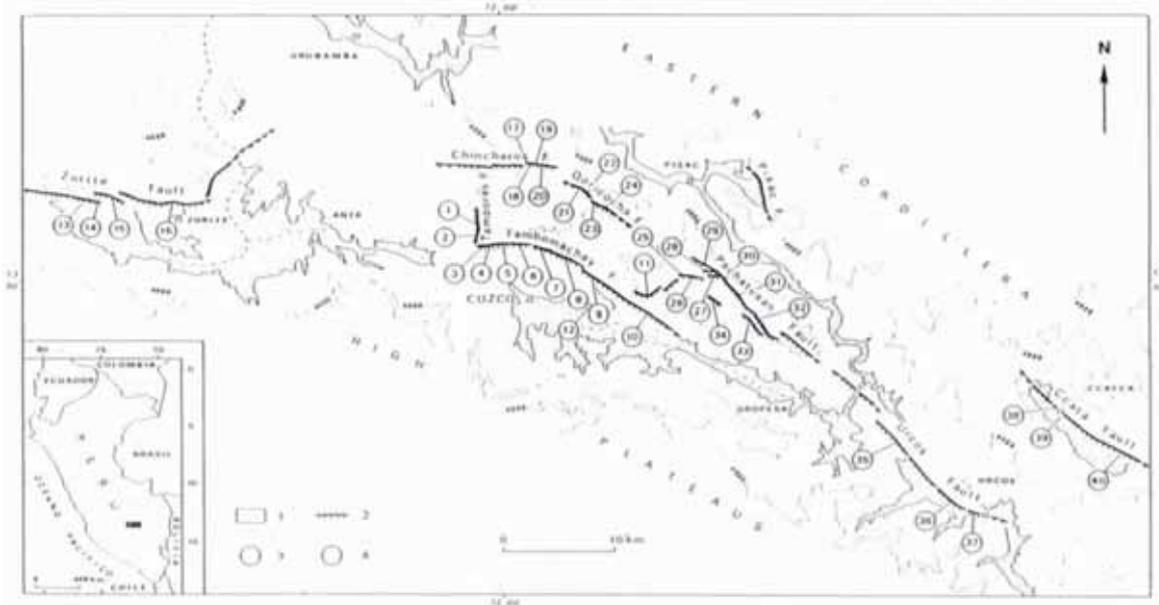


Figura N°10: Principales sistemas de fallas presentes en la región del Cusco.
Fuente: (Cabrera, 1988)



3.2.1. SISMICIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se presentan en su mayoría sismos superficiales producto a la deformación cortical y sismos con menor frecuencia de profundidad intermedia, producto a la subducción de la placa oceánica con la placa sudamericana, por otra parte en la zona de estudio se encuentra fallas inversos como es el caso de la falla Urcos que por factores sismogénicas afectaría la estructura del puente, es por ello que una buena ubicación, profundidad optima y el tipo de suelo en donde se colocaran los cimientos de los estribos es muy importante, para evitar cualquier tipo de falla en las estructuras del Puente Parocán; De acuerdo a lo establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E – 030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el distrito de Urcos (Quispicanchi – Cusco) se encuentra en la zona 2 (Sismicidad Media), con aceleraciones máximas que varían entre 0.18 a 0.29 y para la zona de estudio la aceleración máxima es de 0.24g, del mapa de Aceleraciones Máximas Normalizadas Figura No 13.

3.2.2. FUENTES SISMOGÉNICAS

la fuente sismogénica de mayor influencia en la zona de estudio es la falla Urcos que afectaría la estructura del puente, es por ello que una buena ubicación, profundidad optima y el tipo de suelo en donde se colocaran los cimientos de los estribos es muy importante, para evitar cualquier tipo de falla en las estructuras del Puente Parocán; De acuerdo a lo establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E – 030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el distrito de Urcos (Quispicanchi – Cusco) se encuentra en la zona 2 (Sismicidad Media), con aceleraciones máximas que varían entre 0.18 a 0.29.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Fecha	Mag.	Nombre	Epicentro	Zonas Afectadas
12 de mayo, 1650	7.5	Terremoto del cusco de 1650 (aun no redactada)	Cerca del cusco, actual Departamento del Cuzco	Sur y centro del Perú
17 de setiembre de 1707	7.0	Capi de 1707	Departamento del cusco	Actual Dpto. de Cuzco
19 de noviembre, 1744	6.0	Cuzco de 1744	Cuzco	Departamento del Cuzco
11 de febrero, 1746	7.0	Urcos de 1746	Cuzco	Cuzco
8 de octubre, 1831	7.0	Sur del Perú de 1831	Cuzco	Extremo sur del Perú y Actual norte de Chile.
18 de septiembre, 1833	7.0	Sur del Perú de 1833	Cuzco	Sur del Perú y actual Norte de Chile.
3 de diciembre, 1869	6.0	Abancay de 1869	Apurímac	Dpto. de Apurímac.
18 de junio, 1931	7.0	Tinta de 1931	Tinta, provincia de Canchis, departamento del Cuzco	Afectados los pueblos de Tinta, Checaupe, Sicuani y Yanaoca.
5 de marzo, 1938	6.0	Acopía de 1938	Acopía, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Pueblo de Acopía.
23 de junio, 1939	6.0	Acomayo y Canas de 1939	Distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Provincias de Acomayo y Canas
18 de septiembre, 1941	7.0	Cuzco de 1941	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco	Dptos. de Cuzco y Apurímac.
30 de enero, 1943	7.0	Yanaoca y Pampamarca de 1943	Distrito de Yanaoca, provincia de Canchis, departamento de Cuzco.	Pueblos de Yanaoca y Pampamarca.
21 de mayo, 1950	7.0	Cuzco de 1950	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco.	Dpto. del Cuzco.
8 de noviembre, 1961	6.0	Acos de 1961	Distrito de Acos, provincia de Acomayo, departamento de Cuzco	
8 de mayo, 1965	6.0	Urcos de 1965	Distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, departamento de Cuzco	Pueblo de Urcos.
14 de octubre, 1971	6.6	Aymaraes de 1971	Provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac.	Prov. de Aymaraes.
6 de abril, 1986	6.0	Cuzco de 1986	Limites de los dptos. de Cuzco y Madre de Dios	Región Central-Sur.
21 de abril del 2012	5.2	Cusco	A 53 Km norte de Chumbivilcas	Chumbivilcas - Cusco
21 de mayo del 2012	3.8	Cusco	A 14 km norte de Paruro	Paruro - Cusco
27 de septiembre del 2014	5.1	Cusco	A 4 km al oeste de Paruro	Paruro - Cusco

*Figura N°11: Parámetros sísmicos de la región de Urcos para periodos de 30, 50 y 100 años
FUENTE: (IGP, 2019)*

Para la zona en estudio se puede observar una aceleración sísmica de 0.24g correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% como se muestra en el mapa de isoaceleraciones. (Ver mapa de isoaceleraciones del Perú)



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

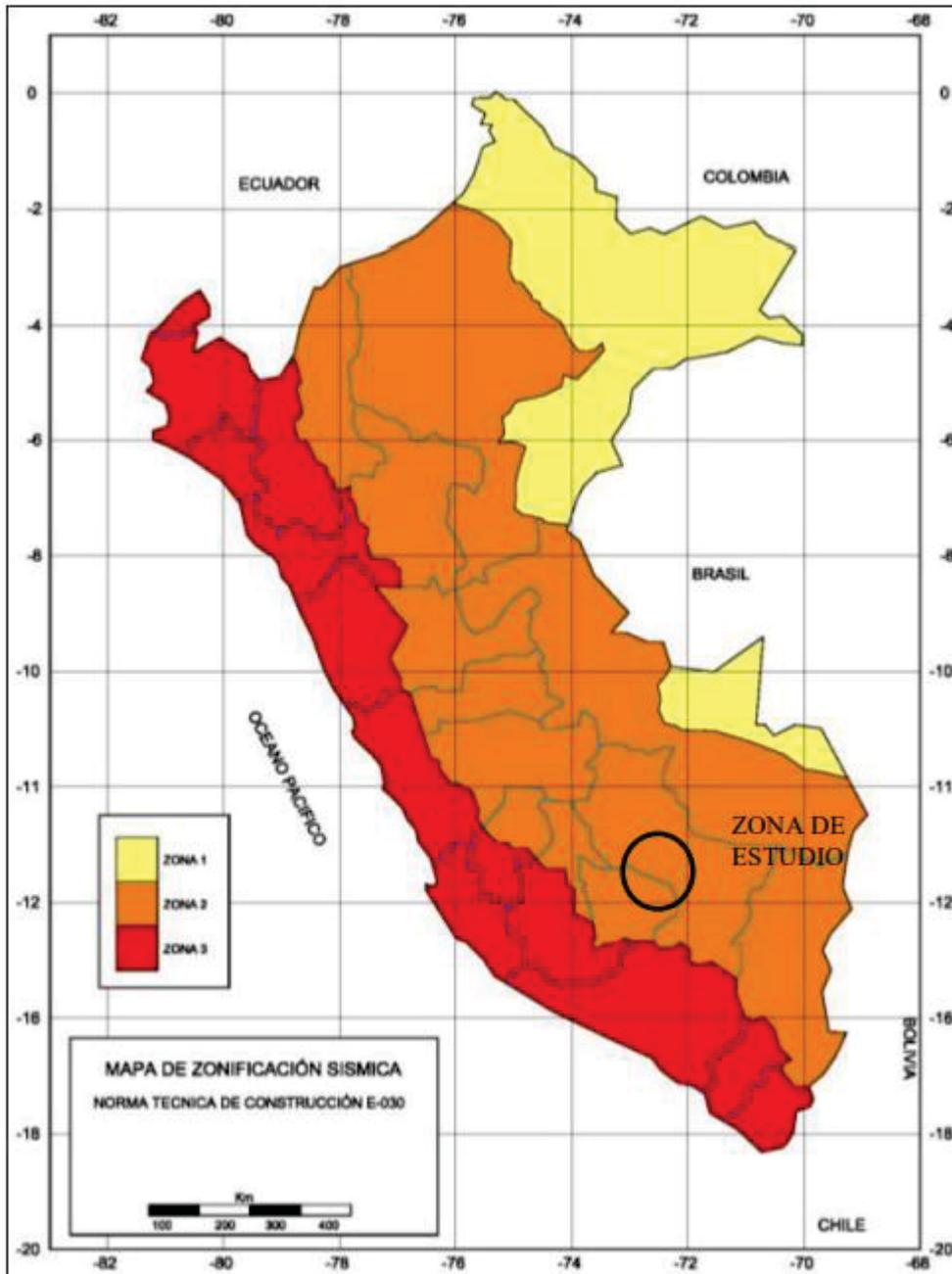


Figura N°12: Mapa zonificación sísmica del Perú
Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2019)



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

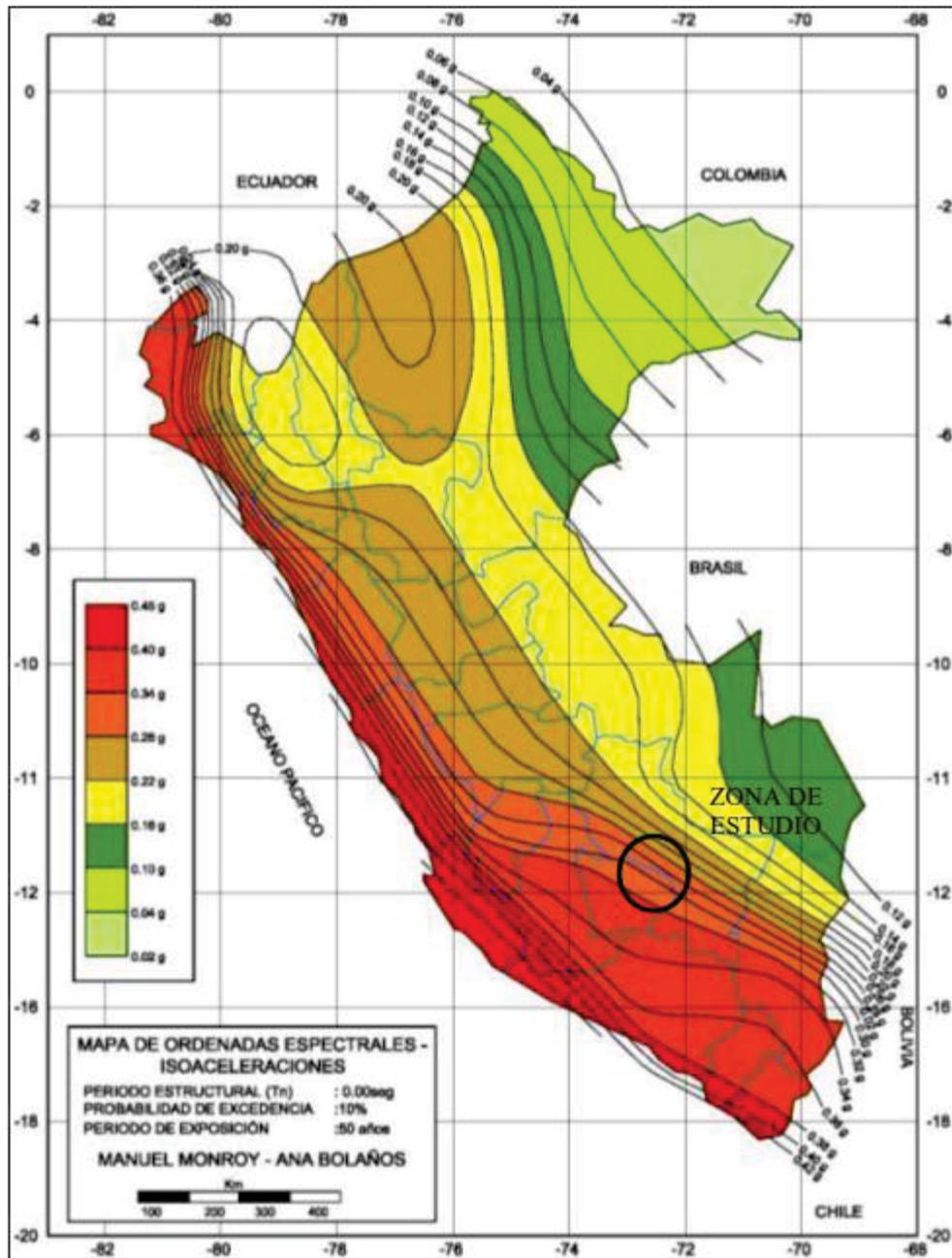


Figura N°13: Mapa zonificación sísmica del Perú
Fuente: (Monroy & Bolaños, 2004)



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020

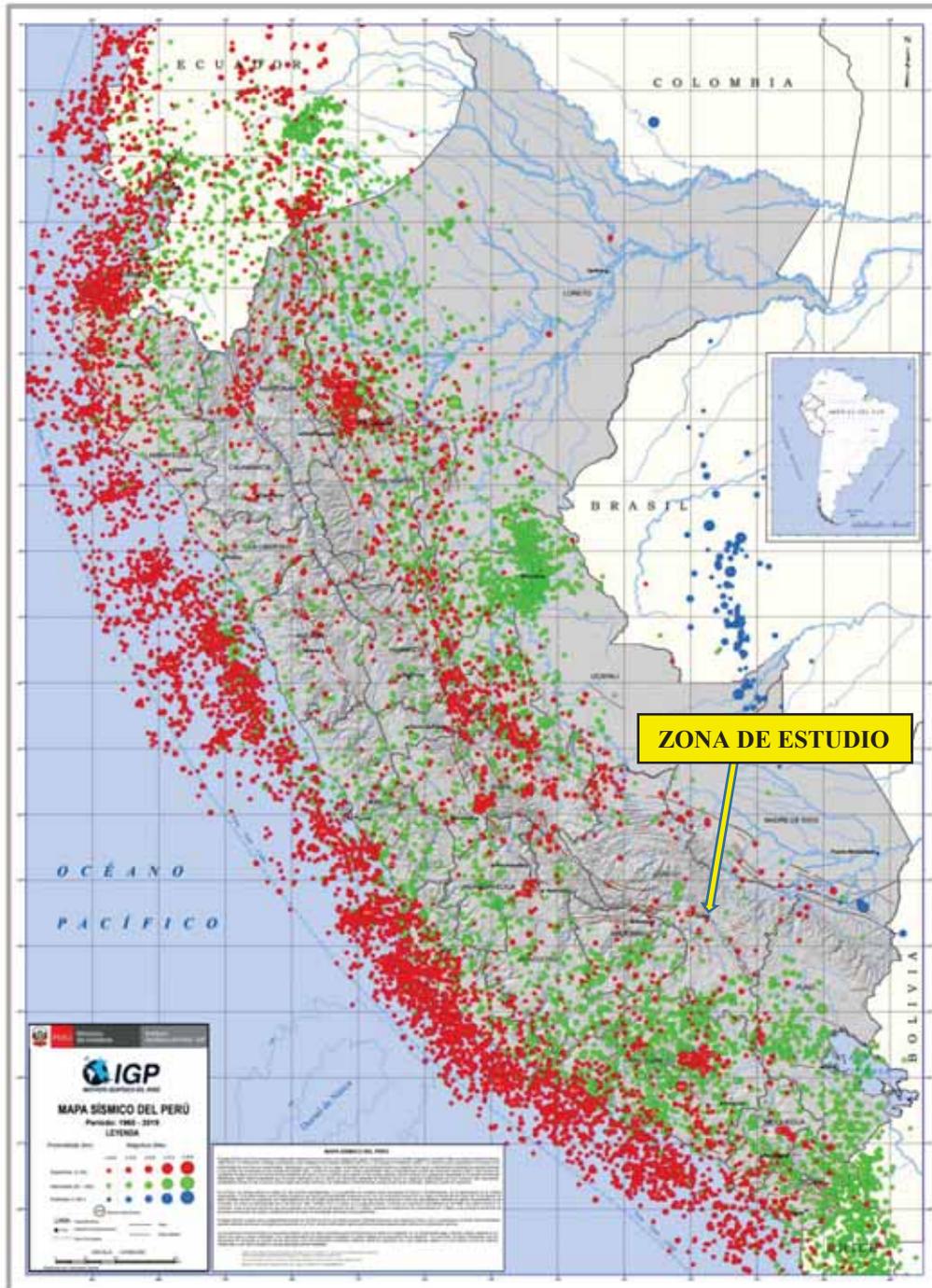


Figura N°14: Mapa sísmico del Perú
Fuente: (IGP, 2019)

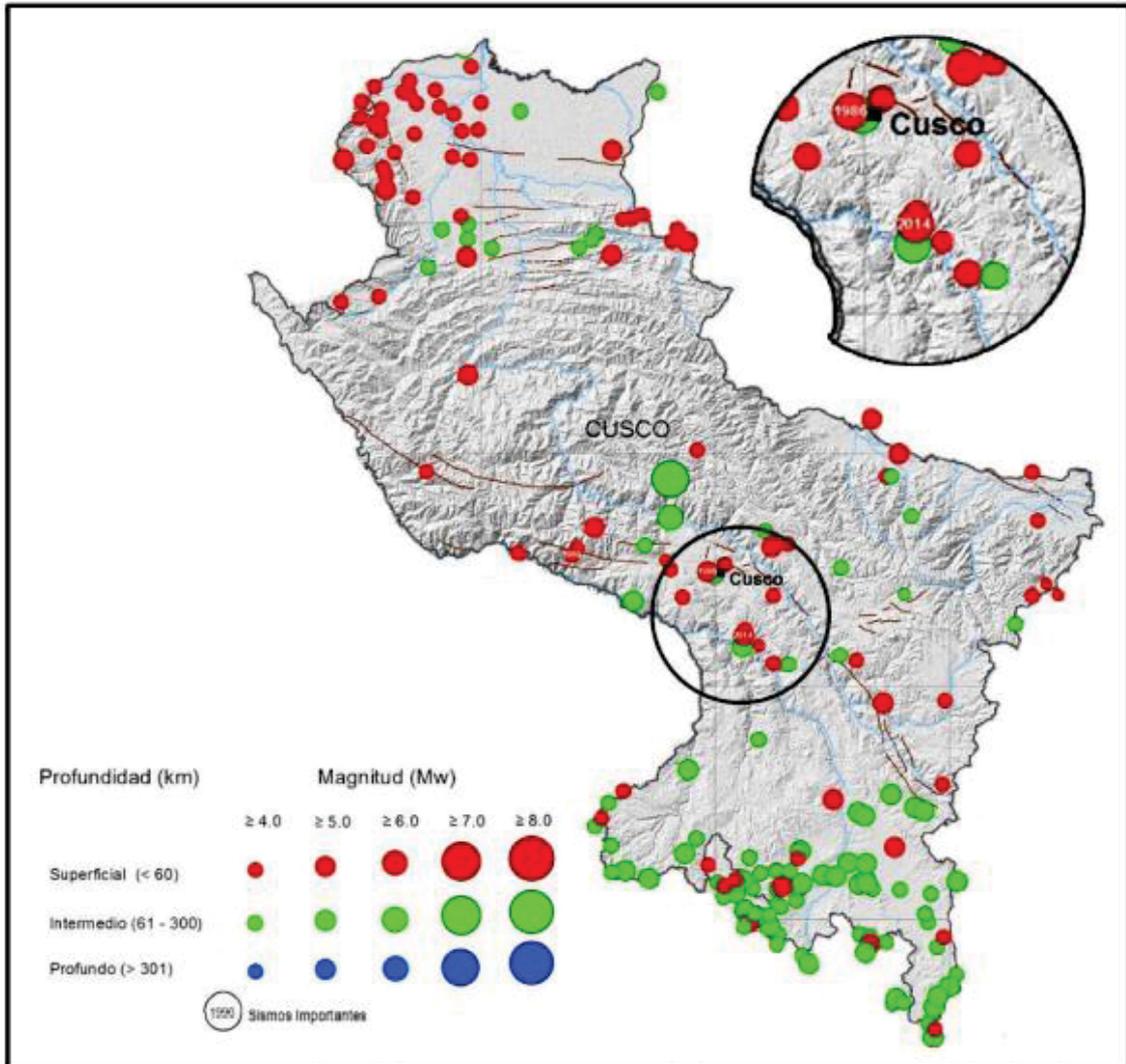


Figura N°15: Mapa sísmico de Cusco

Fuente: (Mapa Sísmico del Cusco (IGP) periodo 1960-2017. Editado de Tavera H, 2017)



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

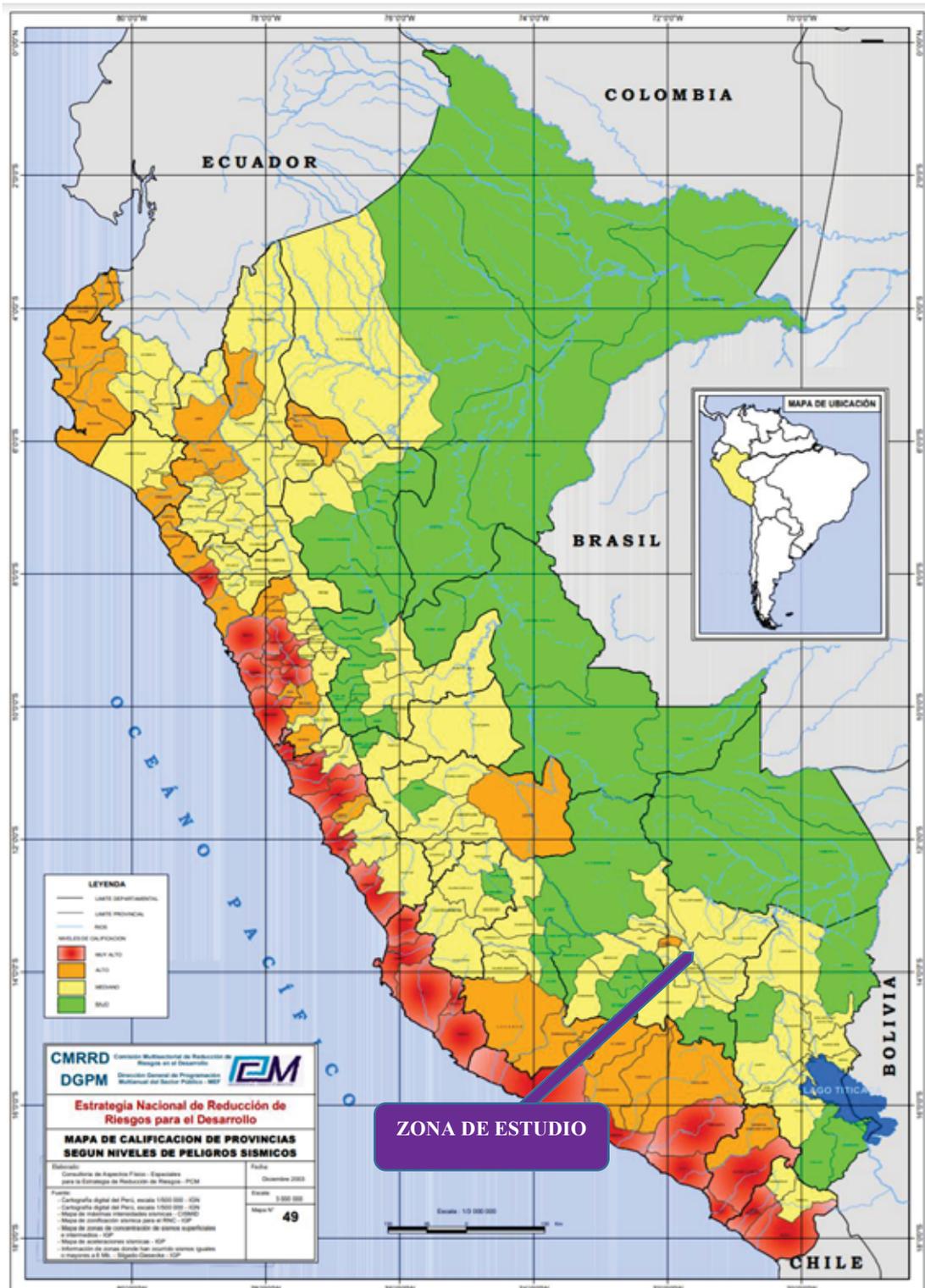


Figura N°16: Mapa de Calificación de Provincias según Nivel de Peligros Sísmicos
Fuente: (CMRRD, 2003)



3.2.3. PELIGRO SISMICO

Según (INDECI, 2011) “el peligro sísmico está basada en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos, los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Esta información se encuentra en mapas con curvas que abarcan los departamentos de Cusco y Puno”, Los parámetros correspondientes a la ubicación del estudio son:

Periodo de retorno (años)	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.137	0.165	0.210	5.8	7.00	9.50	2.05	2.40	3.30

Tabla N° 8: Parámetros sísmicos para la ciudad de Urcos para periodos de 30, 50 y 100 años

FUENTE: (INDECI, 2011)

Según la Norma Sismo resistente, E – 030 del Reglamento Nacional de Construcciones, la ciudad de Urcos tiene los siguientes parámetros para una zonificación sísmica según RNC:

Zona:	2	Mapa de zonificación sísmica
Coficiente sísmico	0.12	Mapa de zonificación del coeficiente sísmico
Factor de zona (Z)	0.3	Tabla 1
Parámetro del suelo	Ts= 0.9 s	Periodo predominante.
Perfil tipo de suelo	S ₂	Suelos gravosos de moderada capacidad de carga

Tabla N°9: Parámetros de zonificación sísmica de la Ciudad de Urcos

FUENTE: (INDECI, 2011)

Para determinar el peligro sísmico del Puente Parocán, realizaremos a través de los métodos probabilístico y el método determinístico:

Cálculo de la aceleración de la onda sísmica por el método probabilistico

Según, (Tavera, Bernal, condori, Ordaz, & Ishizawa, 2014) haciendo mención a Esteva (1968), Cornell (1968) y Cornell & Van Marcke (1969) menciona con respecto al método probabilístico, que “el peligro sísmico corresponde a la probabilidad de que ocurra un sismo de determinada magnitud que genere, en un punto específico, una aceleración igual o mayor a un valor dado para un periodo de tiempo determinado”, este metodo utiliza el modelo probabilistico de Poisson.

Según, (Monroy & Bolaños, 2004) utilizando este método generan el mapa de aceleraciones máximas normalizadas, en ella se observa la zona de estudio con aceleración de 0.24 g de aceleración, para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia.

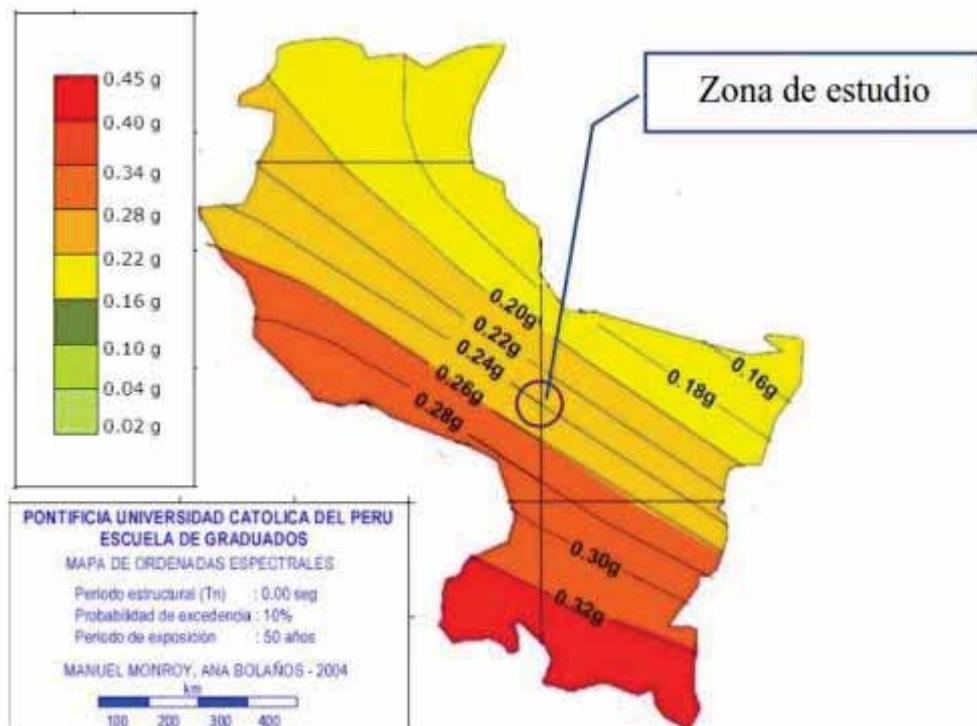


Figura N°17: Distribución de aceleraciones en el Departamento del Cusco para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia
Fuente: (Monroy & Bolaños, 2004)

Cálculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad en la esepera de Mercalli

Para dicho calculo se utiliza el Método determinístico, con ella se supone que las intensidades sísmicas futuras serán similares a las intensidades sísmicas pasadas, siendo el máximo sismo ocurrido el máximo previsible; Es un proceso en que, repitiendo los mismos parámetros en un evento, sabemos con seguridad absoluta si ocurrirá o no cierto resultado; se basa en la relación de daños en estructuras de sismos anteriores con la intensidad sísmica. La cantidad de datos necesarios para el análisis es incompleta para varias estructuras. Los diferentes diseños, construcciones y factores locales del suelo dan como resultado que la información existente tenga un valor limitado (INDECI, 2011) .



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Para hallar la aceleración se hace uso de la fórmula de Steimom

$$A = \frac{224e^{0.823(MS)}}{(R + C(M))^{1.56}}$$

Donde:

- A = Aceleración (1 gal = 1cm/seg²)
- Ms = 0.89+1.341Log L
- C(M) = 0.864e^{0.46Ms}
- R = Distancia del poblado a la falla (km)
- L = Longitud de la falla (Km)
- Procedimiento de calculo:

$$MS = 0.89 + 1.341 * \text{Log}(20) = 2.63$$

$$C(M)=0.864*e^{0.46*(2.63)} = 2.84$$

$$A = \frac{224e^{0.823(2.63)}}{(0.473+2.84)^{1.56}} = 357.92 \text{ gal}$$

Ubicacion	Longitud de falla (L) (Km)	Distancia del puente a la falla (R) (Km)	MS	C(M)	Aceleración (A) (gal cm/seg ²)	Intensidad sísmica esperada en la escala de Mercalli
Puente Parocan	20	0.473	2.63	2.84	357.92	X desastroso

Tabla N°10: cálculo de aceleración de las ondas sísmicas a e intensidad esperada en la escala de Mercalli en el puente Parocán.

FUENTE: propia

Seguidamente se realiza la comparación de aceleración sísmica magnitud de un sismo en la escala de Mercall obtenido para el puente Parocán con la tabla de Tabla 11 Grado de Intensidad según los valores obtenidos con la fórmula de Steinmom (1982).



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Grado	Descripcion
I. Muy débil	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0.5 Gal.
II. Débil	Perceptible solo por algunas personas en reposo. Particularmente aquella que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetivos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal
III. leve	Perceptible por algunos personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal.
IV. Moderado	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámicas, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6.0 y 10 Gal.
V. Poco fuerte	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido. Aceleración entre 10 y 20 Gal
VI. Fuerte	Lo percibe todas las personas, muchas personar asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristales dañados. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
VII. Muy fuerte	Parase es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves o moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructurales pobremente construidos. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehiculos en movimiento. aceleración entre 35 y 60 Gal.
VIII. Destructivo	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
IX. Ruinoso	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo, Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
X. Desastroso	Algunos estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería destruida. Rieles doblados. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
XI. Muy desastroso	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos, Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
XII. Catastrófico	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Tabla N°11: Grado de Intensidad según los valores obtenidos con la fórmula de Steinmom (1982). **Fuente:** (INDECI, 2011)

3.3. GEODINAMICA EXTERNA

La ocurrencia de los fenómenos de geodinámica externa está condicionada por factores importantes como la litología, estructuras geológicas, geomorfología y el clima. Los fenómenos naturales de origen geológico-climático son los que se presentan con frecuencia.

El puente Parocán de la municipalidad distrital de Urcos, con sus 60 m. de longitud de luz, se emplaza en un depósito fluvio-aluvial, en dicha zona de estudio los movimientos en masa más frecuentes son: erosión de laderas, caída de rocas y flujo de detritos.



3.3.1. EROSION DE LADERAS

En la parte Este de la zona de estudio en la Formación Maras, se presenta grandes dimensiones de cárcavas de 2 a 8 metros de profundidad, por otra parte, al Sur del puente proyectada también se aprecia surcos y cárcavas en la Formación Ananea, estas cárcavas que se presentes en la zona de estudio es producto a las fuertes precipitaciones antiguas y desgaste que vienen produciendo un avance lento mostrando diferentes etapas de evolución.



Fotografía N°3: Erosión en cárcavas en la Formación Maras ubicado al Este del puente proyectada.

Las cárcavas en la zona de estudio se dan como producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y discurre el agua proveniente de las lluvias.



Fotografía N°4: Erosión en cárcavas encontrados a lo largo de la margen derecha del río Vilcanota, aguas arriba.



3.3.2. CAIDA DE ROCAS

La caída de rocas es un fenómeno que ocurre principalmente por gravedad y al producirse la pérdida de equilibrio en el macizo rocoso. Los bloques de roca y/o suelo se desprenden de una ladera, donde no hay un desplazamiento cortante apreciable en superficie. Cuando el material se desprende, el desplazamiento ocurre generalmente por el aire efectuando golpes, rebotes y en algunos casos rodamiento. Generalmente el movimiento de estos procesos es rápido a extremadamente rápido con velocidades que superan los 5 m/s (Cruden y Varnes, 1996). Algunos de estos procesos se producen por la actividad antrópica (cortes en el pie de talud de carretera, sobrecargas para el terraplén de la carretera, muros de viviendas, etc).

En la zona de estudio muchos de los cortes de carretera se proyectarán por zonas rocosas, para lo cual se debe tomar en cuenta la estabilidad del afloramiento rocoso, la meteorización de las rocas, la pendiente de equilibrio o la presencia de depósitos de remoción.

En la zona de estudio este fenómeno se presenta, aproximadamente en el Km 2+00, entre las progresivas 6+700 y 7+200, del trazo de la carretera Patario-Llactani-Yuracmayo; también se encuentran en entre las progresivas 1+500 y 1+600, 3+200 y 3+300, 4+100 y 4+500, del trazo de la carretera Patario- Huancuire; por otra parte, estas caídas de roca se produce al Este del Puente proyectada Parocan, en donde se aprecia rocas areniscas desprendidas de la formación Huancane.



Fotografía N°5: evidencias del transporte de rocas en la parte baja del valle del río Vilcanota (A), también se aprecia desprendimiento de roca arenisca de la Formación Huancané, este ubicado al Este del puente proyectado (B).



4. CAPITULO III: GEOLOGIA

4.1. GENERALIDADES

En la zona de estudio las unidades geológicas regionales datan desde la Era paleozoico superior, Mesozoico y Cenozoico, en ellos mayormente predomina las pizarras grises a negros; en este trabajo se realizaron cartografiado local a escala 1:10000, donde se encontraron las pizarras de la Formación Urcos, la Formación de Pachatusan compuesta por series volcánicos con niveles de brechas conglomerádicas, Formacion Huambutio compuesta por clastos de rocas volcánicas provenientes de la erosión del Grupo Mitu, Formación Huancané conformado por areniscas cuarzosas de color blanco y por la parte superior presenta niveles calcáreos, Formacion Maras compuestas por una mezcla de yeso y lutitas rojas y más escasamente compuestas por lutitas verdes, por ultimo también se encontraron materiales cuaternarios como son los depósitos coluviales que se encuentran al pie de las laderas, depósitos fluviales ubicado en los bordes del rio Vilcanota y depósitos aluviales que se encuentran adyacentes al rio Vilcanota.

4.2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

El contexto geológico regional se encuentra a una escala de 1:50000 del Boletín N 138 Serie A de la Carta Geológica Nacional hoja 28s-I; donde se lograron encontrar las siguientes unidades litoestratigráficas.

4.2.1. LITOESTRATIGRAFÍA

4.2.1.1. FORMACION ANANEA (siluro devoniano)

Esta formación es conocido también con otros nombres según los autores: Mendivil y Dávila (1994) denominan como Formación Urcos, Carloto et al (1996) denomina com Formación Paucartambo; por otro lado esta Formacion aflora al noreste de la zona que se extiende por Ccatca, Huancarani, su litología se trata de una unidad bastante uniforme en casi todos los afloramientos, está compuesta por pizarras y esquistos pizarrosos grises a negros, sin estratificación visible, en el cuadrángulo de Cusco, está fallada, aunque en el cuadrángulo vecino de Calca sobreyace en discordancia a la Formación Sandia del Ordovícico superior y a la Formación San Gabán del Ordovícico terminal Silúrico inferior (Carloto, W, & Cárdenas J. & Chávez, 1996).

4.2.1.2. Grupo Mitu

Aflora ampliamente en la porción nororiental del cuadrante IV, en las montañas de Pachatusan al norte de Huasao, Tipon y Oropesa, donde forma parte del anticlinal de Vilcanota y más al sur del anticlinal de Rondobamba. En el límite Altiplano-Cordillera



Oriental, esta unidad aparece como pequeños pedazos, limitados por escamas de falla, hasta desaparecer en Urcos, donde el Mesozoico se encuentra en contacto fallado con el Paleozoico inferior de la Cordillera Oriental. El Grupo Mitu de la región de Cusco ha sido dividido en dos formaciones: Pisac y Pachatusan (Candia & Carloto, 1985).

4.2.1.2.1. FORMACION PACHATUSAN (jurásico inferior)

Son lavas de la Formación Pachatusan de edad jurásica inferior son claramente basaltos alcalino con características intraplaca (Cenki & Jaillar, 2000), estos basaltos presentan olivino, plagioclasa y piroxenos. Esta Formación también está constituido por brechas, conglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolíticas e ignimbritas; Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo “concho de vino” que permite reconocerlas rápidamente en el campo (Gregory, 1916).

4.2.1.3. FORMACION HUAMBTIO (jurásico superior)

aflora en los alrededores de Huambutío y al norte de Oropesa. Está constituida por conglomerados rojos violáceos, lutitas rojas, niveles de caliza y areniscas. Son rocas poco compactas y en algunos casos deleznable, no siendo muy estables para las construcciones civiles. Tampoco son rocas aptas para su explotación como canteras. Su espesor promedio es de 100 m (Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011).

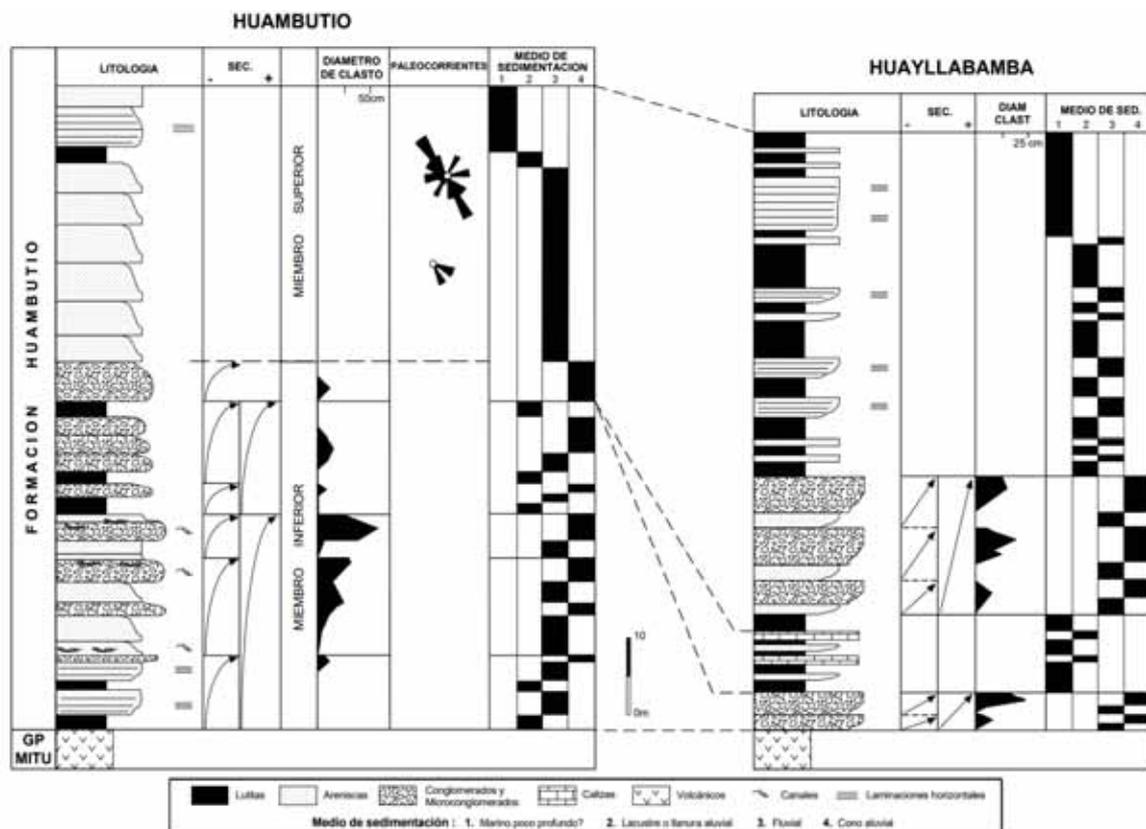


Figura N°18: Columna estratigráfica de la Formación Huambutio
Fuente: (Carloto, Cárdenas, Chavez, Gil, & Jailard, 1991)



4.2.1.4. FORMACION HUANCANE (cretácico inferior)

(Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011), Aflora entre Oropesa y Rondobamba, donde es parte de los anticlinales de Vilcanota y Rondobamba; Igualmente, aflora ampliamente en los alrededores de Huambutío y el sitio arqueológico de Piquillakta. El espesor generalmente es pequeño y varía entre 30 y 150 m, esta formación esta dividida en dos miembros donde el miembro inferior esta compuesta por areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco, y el miembro superior está constituido localmente por un nivel calcáreo (Queqayoc, parte alta de Huancalle y norte de Pisac, Cuadrángulo de Calca 27-s) o por niveles finos de lutitas rojas o negras. La segunda unidad se compone principalmente de barras arenosas masivas con laminaciones oblicuas de origen eólico y fluvial, (Figura N°10 A-B).

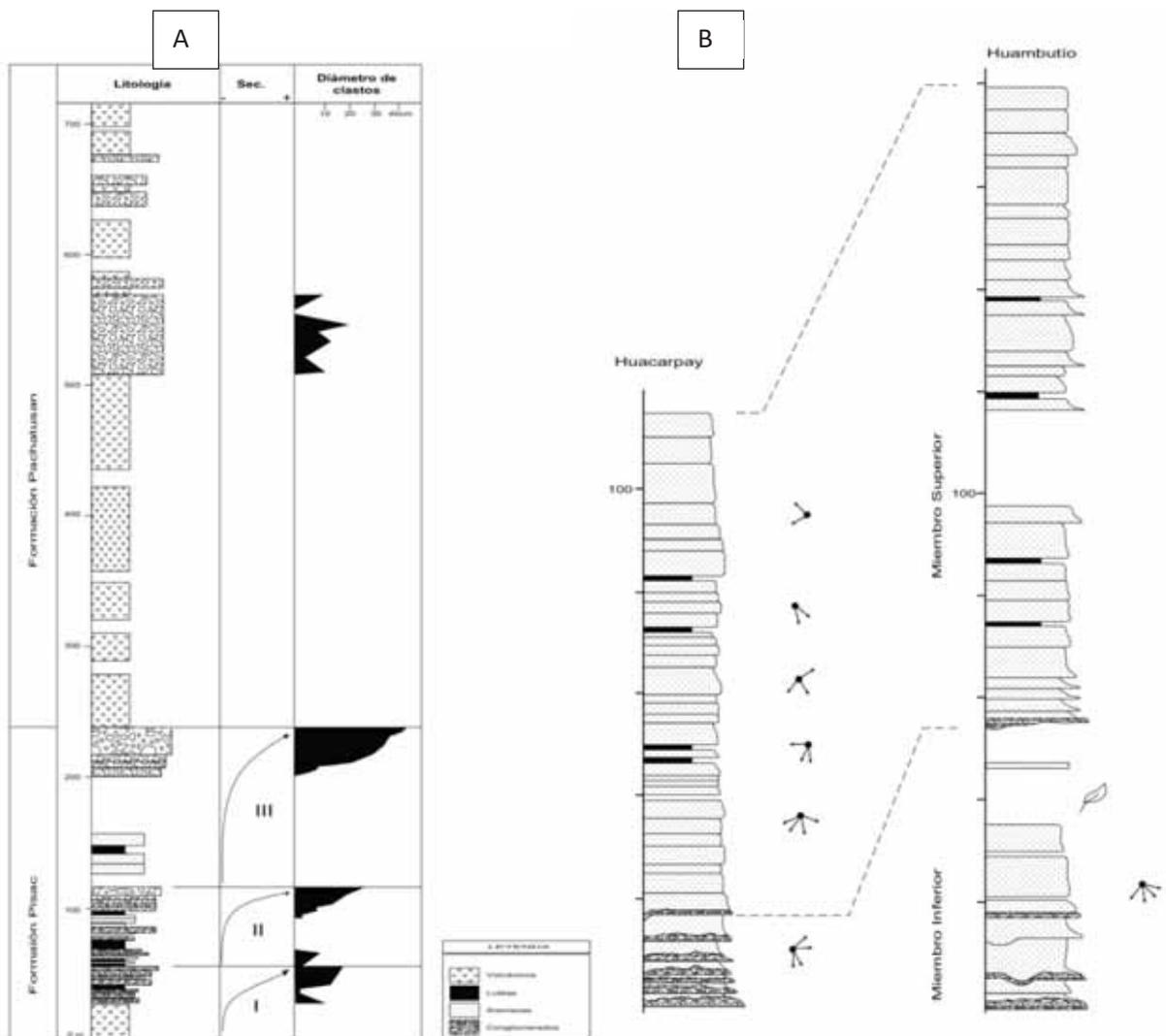


Figura N°19: Columna estratigráfica de la Formación Pisac y Pachatusan (A) y columna estratigráfica de la Formación Huancané, levantamiento en Huacarpay y Huambutio (B)

Fuente: (Carloto V. e., 1995)



4.2.1.5. GRUPO YUNCAYPATA

Este Grupo agrupa Formaciones Paucarbamba, Maras, Ayabacas y Puquin, donde en la zona de estudio se encontró la Formación Maras.

4.2.1.5.1. FORMACION MARAS (*Albiano medio*)

A esta formación se le considera a todos los afloramientos sean estratificados o caóticos de yesos y lutitas que aparecen dentro del Grupo Yuncaypata, incluidos los yesos que han sufrido removilizaciones por efectos y diapíricos, os afloramientos más importantes se encuentran en el cuadrante II, donde la Formación Maras corta las formaciones Soncco y Punacancha, esta formación está compuesta básicamente por la mezcla de yesos y lutitas rojas y mas escasamente por lutitas verdes y algunas niveles de calizas de espesores delgadas (Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011).

4.2.1.6. DEPOSITOS CUATERNARIOS

4.2.1.6.1. DEPOSITOS ALUVIALES (*Qh-al*)

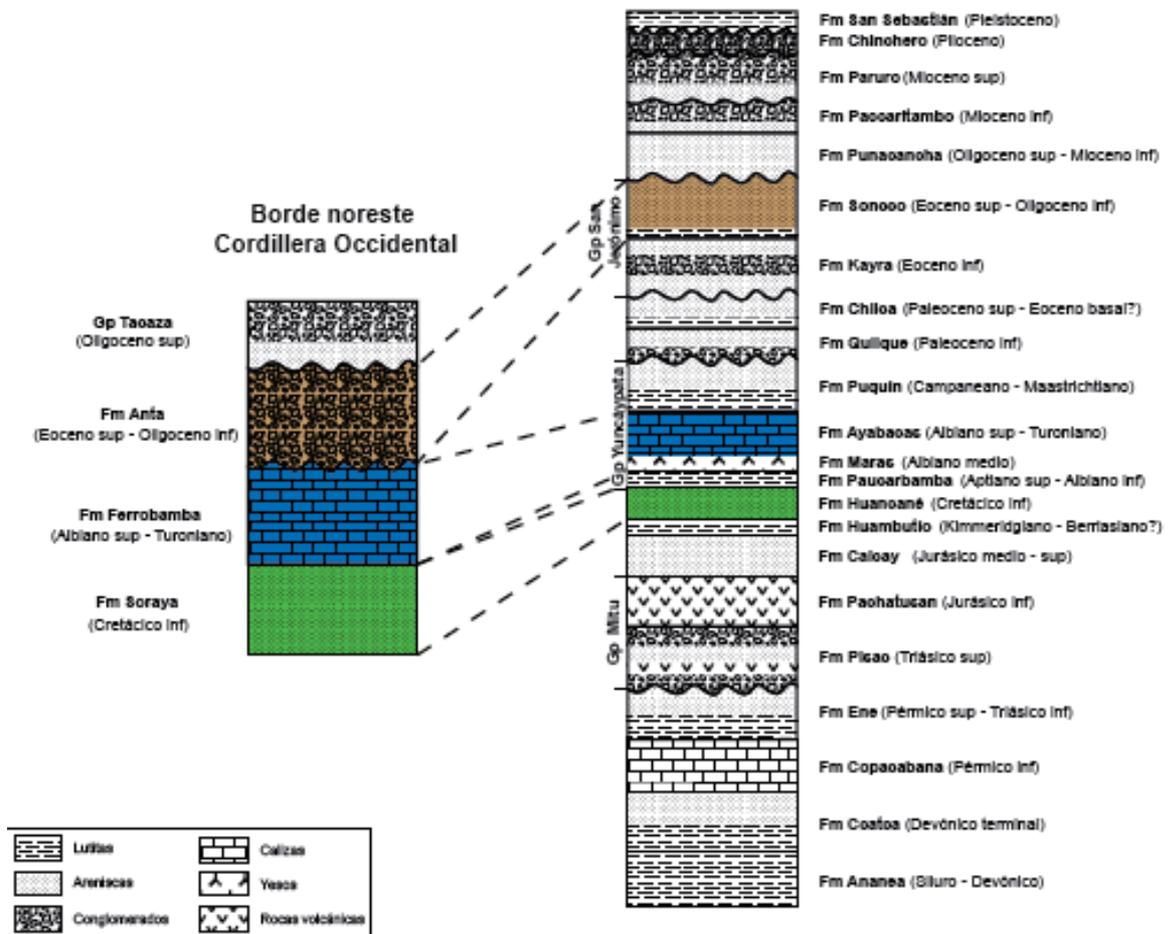
Hemos considerado los conos aluviales y de deyección dentro de estos depósitos. Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes a los principales ríos como el Vilcanota. Los conos están conformados por bloques y gravas de calizas, cuarcitas, areniscas, rocas volcánicas, etc., envueltos por una matriz arenociliosa (Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011).

4.2.1.6.2. DEPOSITOS FLUVIALES (*Q-f*)

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo de los valles particularmente del Vilcanota-Urubamba, de los ríos Lucumayo, Ocobamba y Lares (Cuadrángulo de Urubamba) y los ríos Paucartambo y Yanatili. (Cuadrángulo de Calca), donde están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas (Carloto, W, & Cárdenas J. & Chávez, 1996)

4.2.1.6.3. DEPOSITOS COLUVIALES

Corresponde a los depósitos de pendiente donde se incluyen los deslizamientos, este tipo de depósitos también se encuentran al pie de laderas.

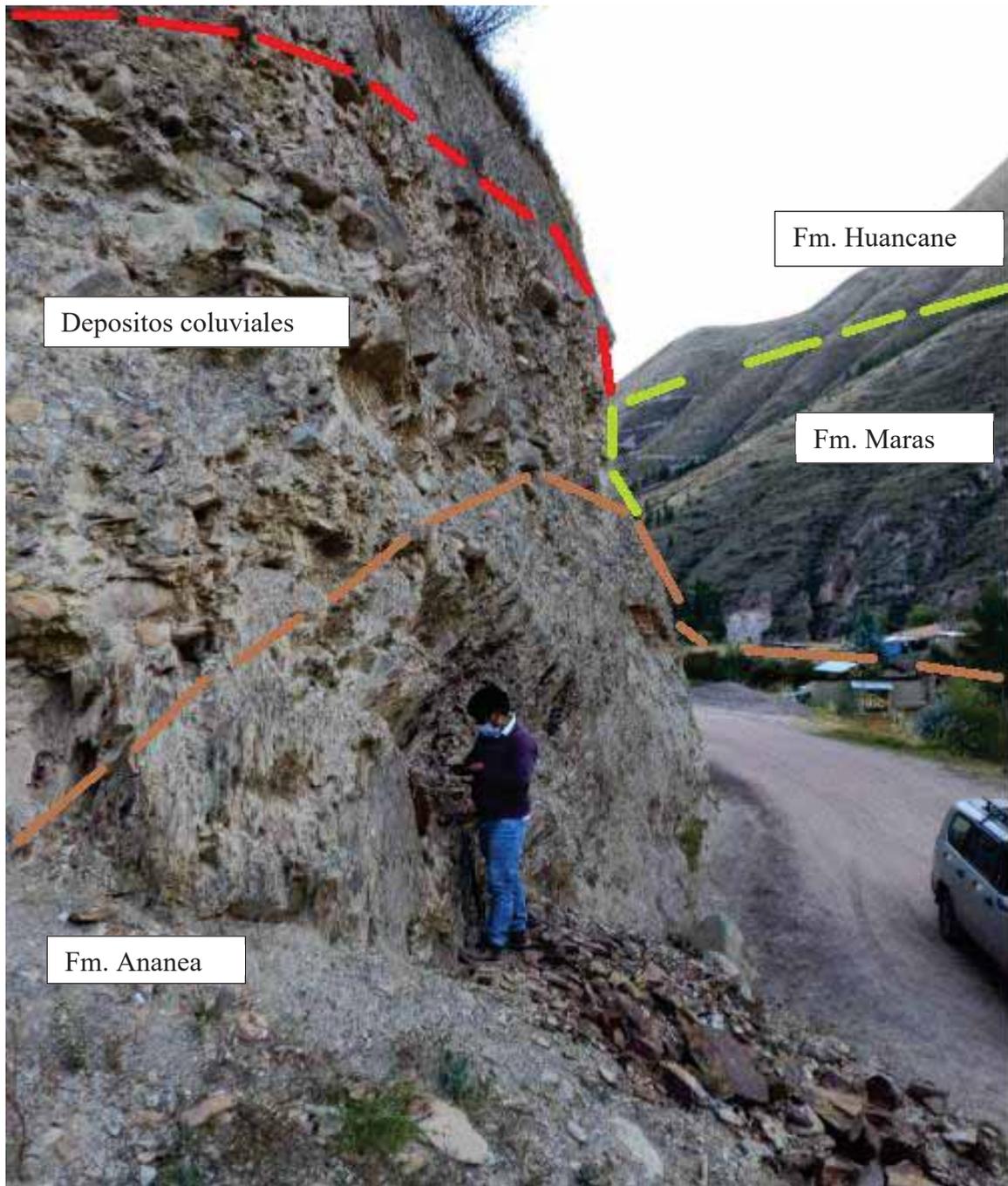


*Figura N°20: Estratigrafía de los dominios morfoestructurales regionales de Cusco.
Fuente: (Carlotto, Cardenas, & Gabriel, 2011)*

4.3. GEOLOGIA LOCAL

4.3.1. FORMACION ANANEA

En la geología regional se mencionó anteriormente que pertenece al periodo siluro devónico, esta formación aflora al Noreste y Este del Proyecto Puente proyectada Parocan, esta formación se encuentra en uno de los flancos del anticlinal de Vilcanota, su composición litoestratigráfica es pizarra de color gris a negro y presentan una textura afanítica, estructuralmente esta formación presenta rumbo de N 30°, con buzamiento de 47°SE.

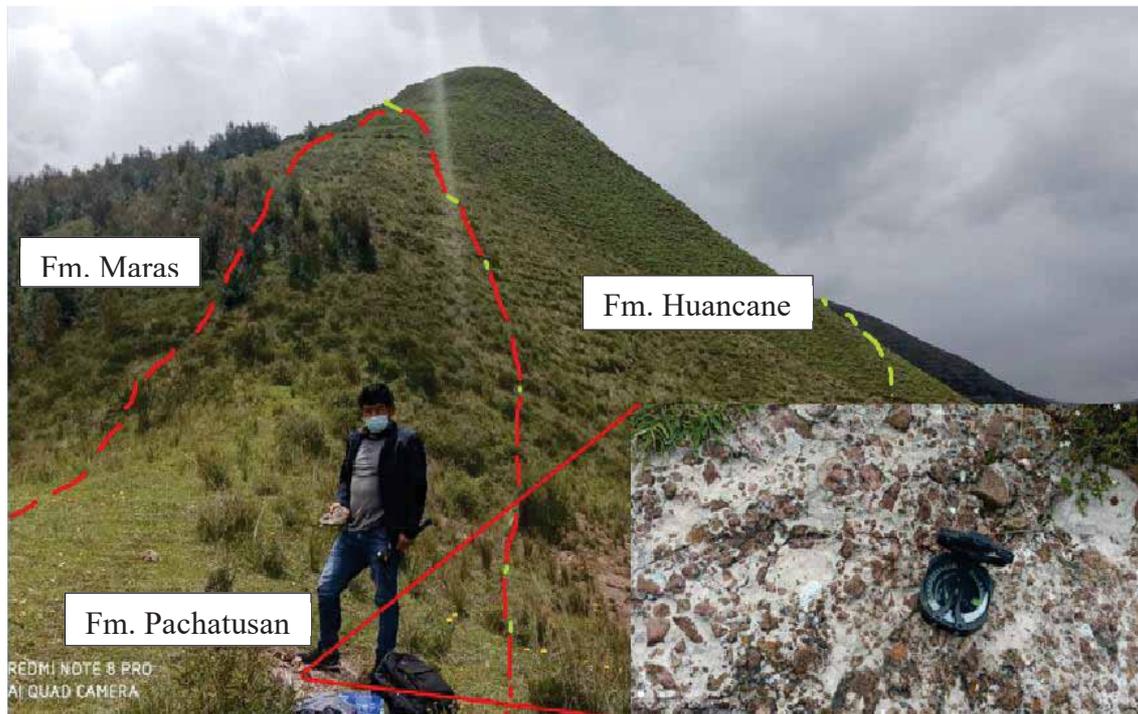


Fotografía N°6: Vista de las Formaciones geológicas en la comunidad Parocán



4.3.2. FORMACION PACHATUSAN

Esta formación que es parte del Grupo Mitu, y pertenece al Periodo Jurásico inferior, aflora alineado a una falla geológica inversa con dirección N 350° al Sur-Oeste a una distancia de 1.3Km del Puente proyectada Parocán a una altitud de 3500 m.s.n.m, litológicamente está compuesta por aglomerados de arenisca de la Formación Huancané con una matriz de coladas volcánicas de basalto.



Fotografía N°7: Vista de las Formación Pachatusan, Maras y Huancané.
Fuente: Propia

4.3.3. FORMACION HUAMPUTIO

La formación Huambutio pertenece al periodo límite entre el Jurásico y Cretácico (Kimmeridgiano-Berriasiano JsKi-hm), dicha formación aflora al oeste a 1.6 Km del puente proyecta; litoestratigráficamente esta Formación está conformado por conglomerados, brechas, y areniscas feldespáticas, de color rojo violáceo.

4.3.4. FORMACION HUANCANE

La Formación Huancané data el periodo Cretácico Inferior (neocóniana Ki-hn), presenta dos miembros inferior y superior que a continuación describiremos cada una de ellas.



4.3.4.1. MIEBRO HUANCANE INFERIOR

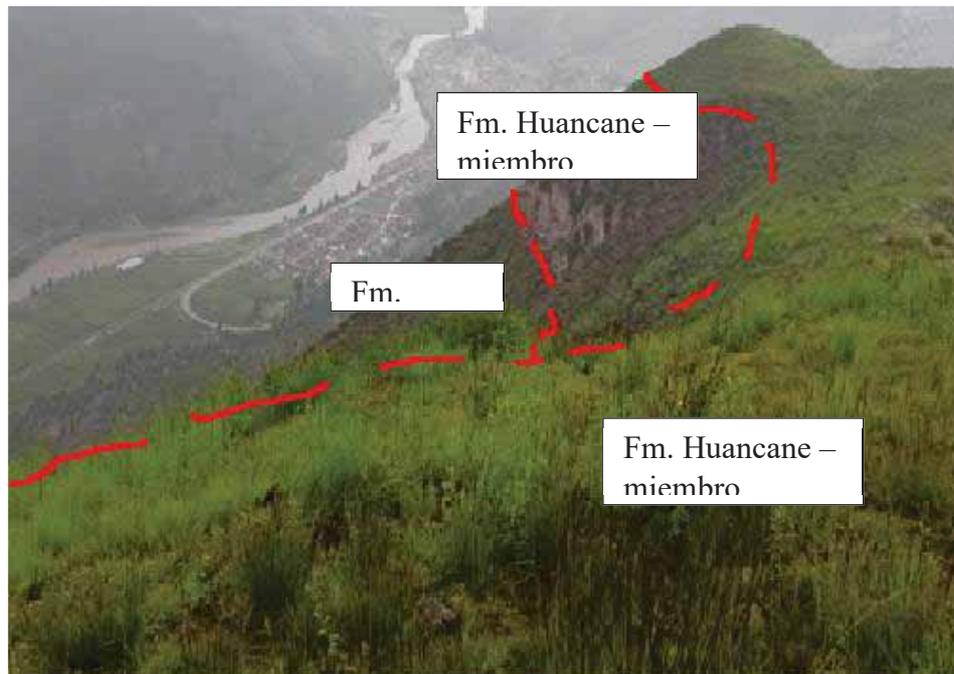
Esta formación aflora al noroeste y oeste a 1.27Km del puente proyectada, esta formación en su miembro inferior litológicamente está compuesto por areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco, también se encontraron bancos con una granulometría decreciente, también presenta Rumbo de N 18° con Buzamiento de 36°NW.



Fotografía N°8: Vista de las Formaciones Huancané y Maras, también se aprecia el contacto litológico
E:214151 N:8487152.2.
Fuente: propia

4.3.4.2. MIEMBRO HUANCANE SUPERIOR

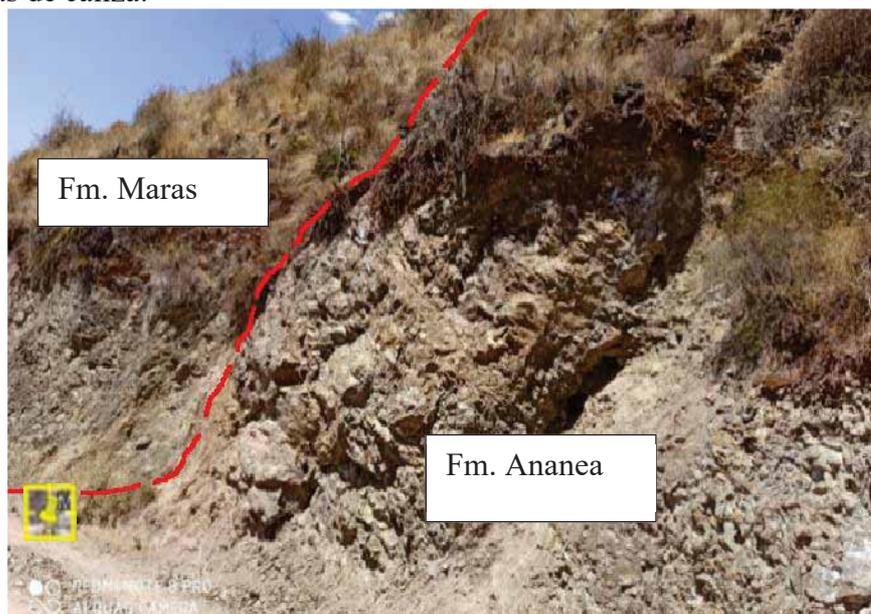
La Formación Huancané en su miembro superior presenta barras arenosas masivas con laminaciones oblicuas de origen eólico, esta formación aflora al oeste de la zona de estudio, también presenta Rumbo de N 20° Y Buzamiento de 32°NW



Fotografía N°9: Vista de las Formaciones Huancané en su miembro inferior y superior
Fuente: propia

4.3.5. FORMACION MARAS

La formación maras se encuentra dentro del Grupo Yuncaypata, su edad geológica es Albiana Media, esta formación aflora al Noroeste y Suroeste del Puente proyectada Parocán, su afloramiento no presenta rumbo y buzamiento regular debido a su estratificación es caótico, su litología está compuesto por yeso intercalado con lutitas rojas, más al norte de la zona de estudio se encontraron escasas capas de lutitas verdes y delgadas capas de caliza.



Fotografía N°10: Vista del contacto litológico entre la Formación Ananea y Fm. Maras ubicado al suroeste del puente proyectado con coordenadas E:214870.6 N:8487300.7
Fuente: propia



Fotografía N°11: Vista del afloramiento caóticos de yesos y lutitas de la Formación Maras
Fuente: propia

4.3.6. DEPOSITOS CUATERNARIOS

En la zona de estudio se encontraron paquetes de materiales cuaternarios que se encuentran en el fondo del valle de Vilcanota en los bordes de este río.

4.3.6.1. DEPOSITOS ALUVIALES

Los materiales aluviales se ubican al margen derecho e izquierdo del río Vilcanota, principalmente en la desembocadura antigua y actual de los ríos de segundo orden, estos materiales están conformado por bloques de gravas envueltos por matriz arenosa.



Fotografía N°12: Vista del afloramiento cuaternario aluvial presentes en la zona de estudio.
Fuente: propia



4.3.6.2. DEPOSITOS FLUVIALES

Los materiales fluviales se ubican en el fondo del valle Vilcanota, donde estos materiales están constituidos por bancos de arena y gravas, estos paquetes de material forman terrazas alrededor del rio Vilcanota.

4.3.6.3. DEPOSITOS COLUVIALES

en la zona de estudio mayormente se presenta estos materiales al Este y sur del puente proyectada, estos materiales están conformados por bloques que superan los 10cm a más de materiales arrastrados o cantos rodados (pizarras, arenisca, material ingenio proveniente de la Formación Pachatusan) con una matriz de limos arena y arcilla con coloración gris claro y rojo grisáceo.

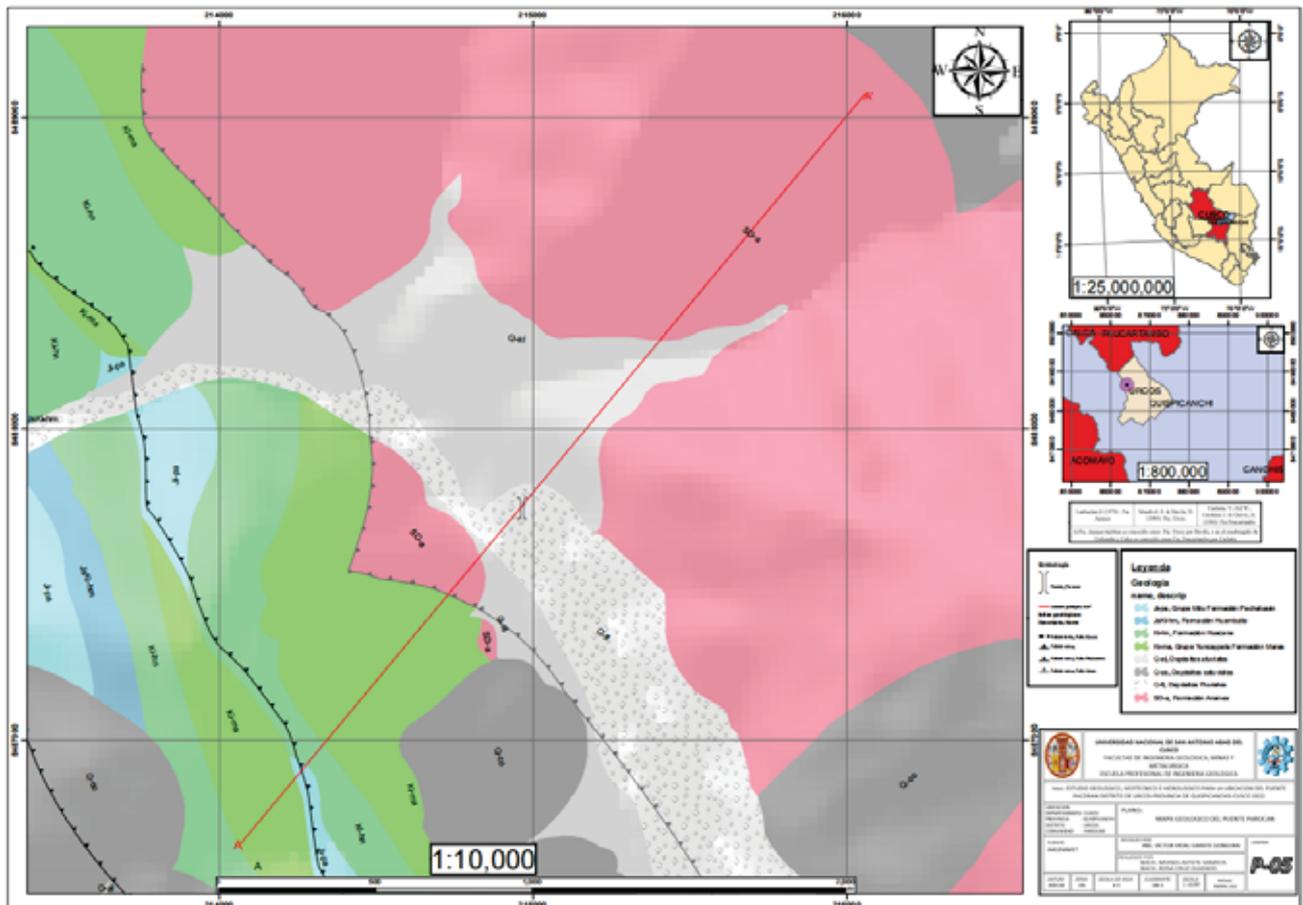


Figura N°21: Mapa Geológico local de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración Propia



5. CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL

5.1. GENERALIDADES

Para realizar estudio estructural se utilizaron imágenes satelitales , Boletín N 55 serie C (Neotectónica y Peligro Sísmico en la región de Cusco, del INGEMMET, también se recurrieron a las mapas 1:50000 de la Carta Geológica Nacional ; con la ayuda de estos materiales y estudios locales en campo se lograron observar estructuras de tipo fallas y pliegues, la falla regionales Urcos Sicuani – Ayaviry, la falla Urcos que modificaron la geoforma a lo largo de los eventos geológicos, estas estructuras se presentan a continuación:

5.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

5.2.1. DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES

5.2.1.1. PLEGAMIENTO

El plegamiento en la zona de estudio se asocia al segundo evento tectónico de la falla regional Urcos – Sicuani – Ayaviry, este evento tectónico genera falla inverso que produce transtensiones y transpresiones que controlaron la cuenca Vilcanota y produjeron deformaciones estructurales a la Formación Ananea y las cuarcitas de Formación Catca

5.2.1.2. FALLA URCOS- SICUANI-AYAVIRI

la falla regionales Urcos Sicuani – Ayaviry en un primer evento presenta falla Normal que marcaron el límite paleogeográfico mesozoico, entre la antigua cuenca oriental y el alto estructural Cusco-Puno, posteriormente ocurrió un segundo evento tectónico con un fallamiento inverso produciendo transtensiones y transpresiones que controlaron las cuencas de San Jerónimo (Eoceno-Oligoceno). Producto a este segundo evento tectónico se generaron plegamientos afectando a las pizarras de la Formación Ananea y las cuarcitas de la Formación Ccatca (Carloto, Cardenas, & Gabriel, 2011)

5.2.1.3. FALLA PACHATUSAN

(Escobar, 2013). Describe que esta falla se ubica al sureste de la ciudad del Cusco, aproximadamente a 5 kilómetros de distancia, está representada por segmentos discontinuos y paralelos que se emplazan a lo largo de 21 kilómetros de largo por 3.5 kilómetros de ancho con dirección promedio N 130° E, Es parte de las fallas cuaternarias y activas ubicadas entre la cordillera Oriental-Altiplano y, aparentemente, es una prolongación de las fallas Chincheros y Qoricocha



Las fallas ponen en contacto rocas volcano-sedimentarias con depósitos aluviales, fluvio-glaciares y morrenas posiblemente relacionadas a la última glaciación-11 000 años (Mercer, 1977); Asimismo, se observan facetas triangulares de hasta 100 metros de altitud y, en la parte inferior, reactivaciones cuaternarias con saltos verticales que varían entre 20 metros y 1 metro, estas afectando depósitos fluvio-glaciares, morrenas y formando sand-ponds o charcas de agua alineadas a lo largo de la traza de falla.

5.2.1.4. FALLA URCOS

(Escobar, 2013) describe sobre la falla Urcos, Se ubica al sureste de la ciudad del Cusco, con dirección noroeste sureste y buzamiento hacia el suroeste. Separa rocas paleozoicas (bloque techo) con rocas cenozoicas (bloque piso), es también una estructura antigua con evidencias de reactivación durante el Cuaternario; Se emplaza a lo largo de 20 kilómetros donde es posible reconocer tres segmentos. El primer segmento ubicado desde las faldas del cerro Huallaran (este del poblado de Oropesa) hasta la hacienda Choccepujo, este segmento se caracteriza por afectar depósitos aluviales y coluviales con movimientos de tipo inverso, El segundo segmento se emplaza desde el cerro Pinagua hasta la localidad de Andahuaylillas, y se caracteriza por cortar los volcánicos cuaternarios Rumicolca datados por K-Ar en una edad de 0.7 millones de años, El tercer segmento, se ubica entre las localidades de Andahuaylillas y Urcos. Se observan segmentos a lo largo del río Vilcanota, afectando las terrazas fluviales y abanicos aluviales con movimientos de tipo normal.

Según (Cabrera, 1988), las reactivaciones recientes de la falla se ubican en las depresiones de Lucre y Andahuaylillas, éstas estarían ligadas a la tectónica en extensión. La modificación del sistema de drenaje fue modificado también por el vulcanismo cuaternario, para el caso de Lucre, generando un cambio en la dirección de los drenajes y en especial del río que desemboca hacia el sector de Huambutio. En la actualidad, a lo largo del tercer segmento se ubican sismos superficiales de magnitudes bajas.

5.2.1.5. FALLA PAUCARPATA

Se ubica en la margen izquierda del río Vilcanota, entre los poblados de Ttio y Paucarpata, extendiéndose a lo largo de 18 kilómetros con una dirección noroeste-sureste, y cruzando los flancos occidentales de los cerros Pumayanja y Runtojay; Se caracteriza por presentar escarpes erosionados que se encuentran afectando depósitos coluviales y aluviales antiguos (Escobar, 2013).

5.2.1.6. FALLA AMARU

Se ubica en el Altiplano del sur peruano, evidencias morfológicas muestran la actividad tectónica reciente en la región del Cusco, que nos sugiere que a pesar de su baja sismicidad, esta región ha sufrido sismos superficiales con ruptura visible, que deben ser considerados en las evaluaciones de peligro sísmico. Con la falla Amaru ponemos en



evidencia deformación reciente con ruptura superficial a lo largo de aproximadamente 50 kilómetros en las alturas de la margen derecha del río Vilcanota (provincia de Canchis - departamento de Cusco).



Figura N°22: Escarpe de falla normal de la falla Amaru, se puede observar el aspecto fresco de la cara o faz libre, dando idea de su actividad reciente. El escarpe afecta morrenas laterales, depósitos aluviales y lacustres. Fuente (Escobar, 2013).

5.2.1.7. FALLA ANTAHUIRE

Se ubica entre la localidad de Marangani y el cerro Jatuntiana. Constituye la prolongación de la falla Amaru y se emplaza a lo largo de las laderas de los cerros Huallo, Pichacani, Huiscachane y Sumara que se ubican en la margen izquierda del río Vilcanota. Asimismo, esta estructura se prolonga hasta Ayaviri ubicado en la región Puno. Se divide en dos segmentos, el primero adyacente a la localidad de Marangani con una longitud de 9 kilómetros, donde se aprecian escarpes erosionados afectando depósitos aluviales y coluviales antiguos con movimientos de tipo normal. El segundo segmento ubicado a un kilómetro en dirección norte de La Raya (límite Cusco-Puno), se pueden apreciar escarpes más frescos, que afectan depósitos aluviales, palustres y a su vez que alteran el curso del río Santa Rosa. Su prolongación coincide con la falla activa de Ayaviri, que se extiende a su vez hasta el lago Titicaca en segmentos de 2 a 5 kilómetros (Escobar, 2013).

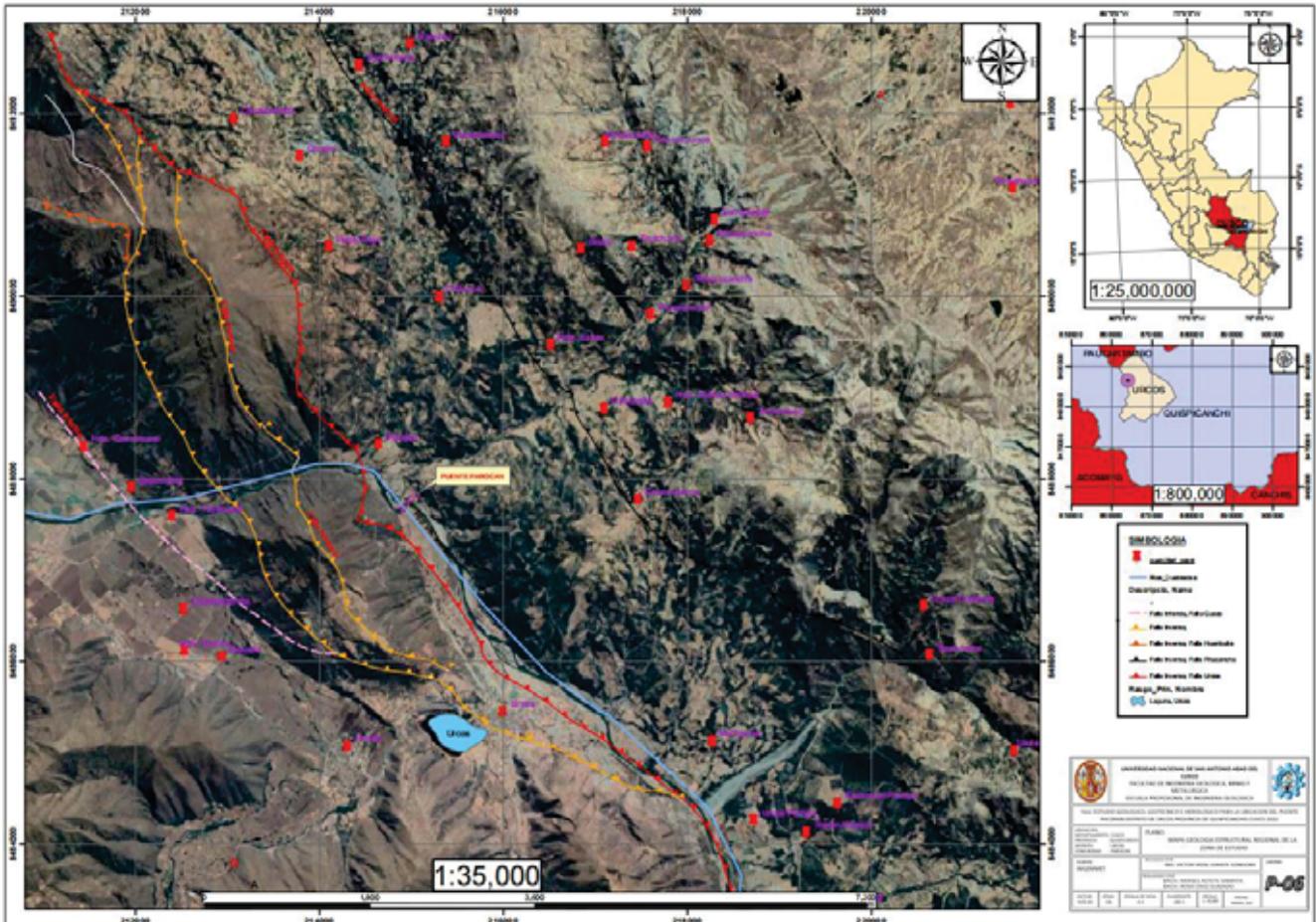


Figura N°23: Mapa Geológica estructural regional de la zona de estudio
Fuente: Elaboración Propia

5.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

5.3.1. FALLA URCOS

Está ubicado al W a 350m del puente Parocán, tiene una dirección NW-SE y buzamientos hacia el SW, esta falla se divide en 3 segmentos:

El primer segmento es la falla principal, falla Urcos(F1), está a 350 m del puente parocan, tiene una longitud de 22 Km, es una falla inversa con Rb: N 320 Y Bz: 40SW, pasa por las faldas de los cerros Curi, Huiracocha, la ciudad de Urcos y continua por el borde del río Vilcanota, está en contacto entre la Formación Ananea y la formación Maras.

El segundo segmento es la falla Urcos(F2), está ubicado al W a 1000 m del puente Parocan, tiene una longitud de 7 Km, es una falla inversa con Rb: N 326 Y Bz: 43SW, pasa por el alto de los cerros Curi y Huiracocha cortando las Formaciones geológicas de Maras, Pachatusan y Huancane.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



El tercer segmento es la falla(F3) se ubica al W a 1700 m del puente Parocan, tiene una longitud de 10 Km, es una falla inversa con Rb: N 318 Y Bz: 38SW, pasa por las espaldas del cerro Curi, Huiracocha, centro de la ciudad de Urcos y se llega a unir con la falla Urcos (F1) en la comunidad de Muñapata, corta a las Formaciones geológicas Maras, Pachatusan, y los depósitos coluviales.

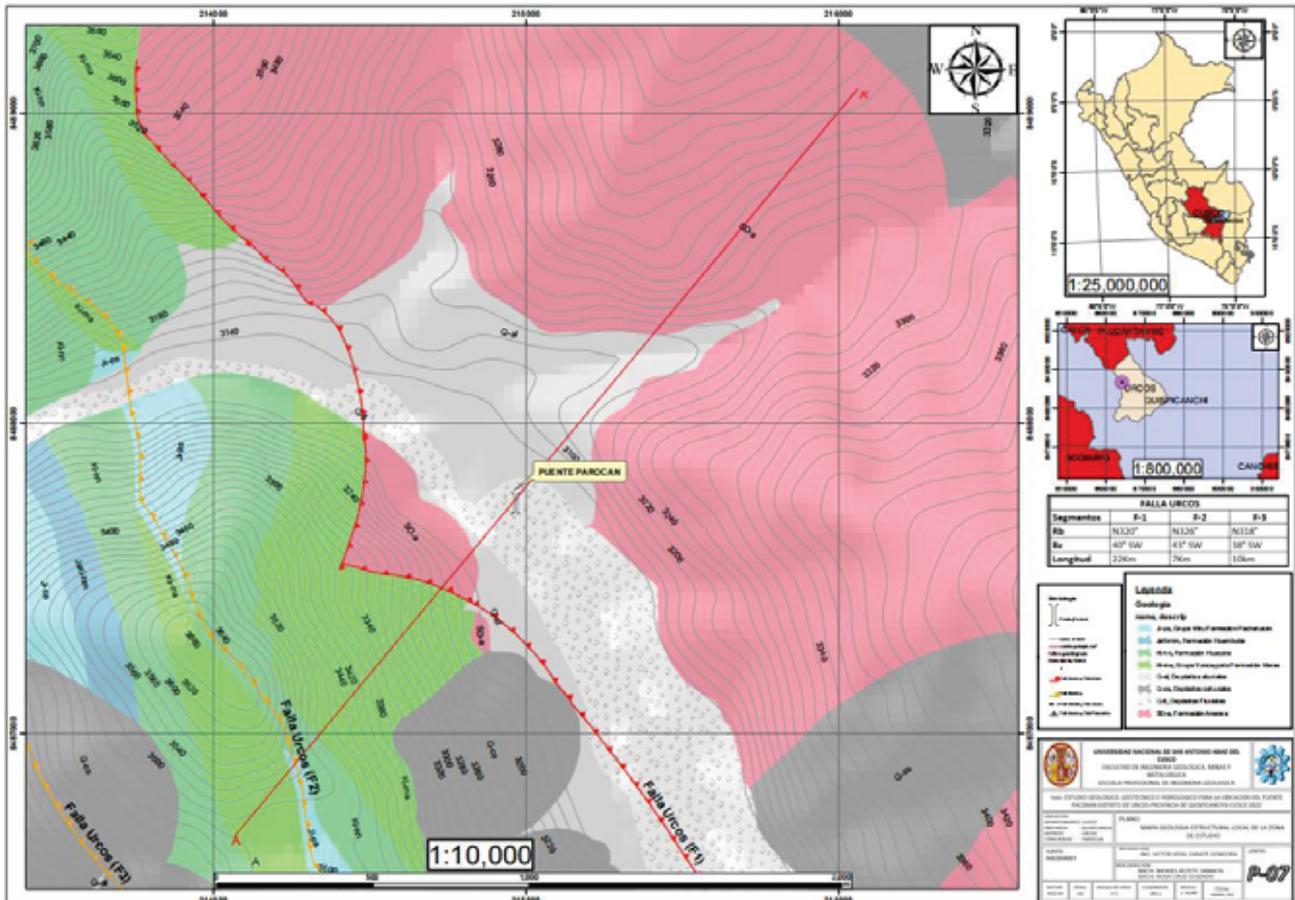


Figura N°24: Mapa Geológica estructural local de la zona de estudio
Fuente: Elaboración Propia



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

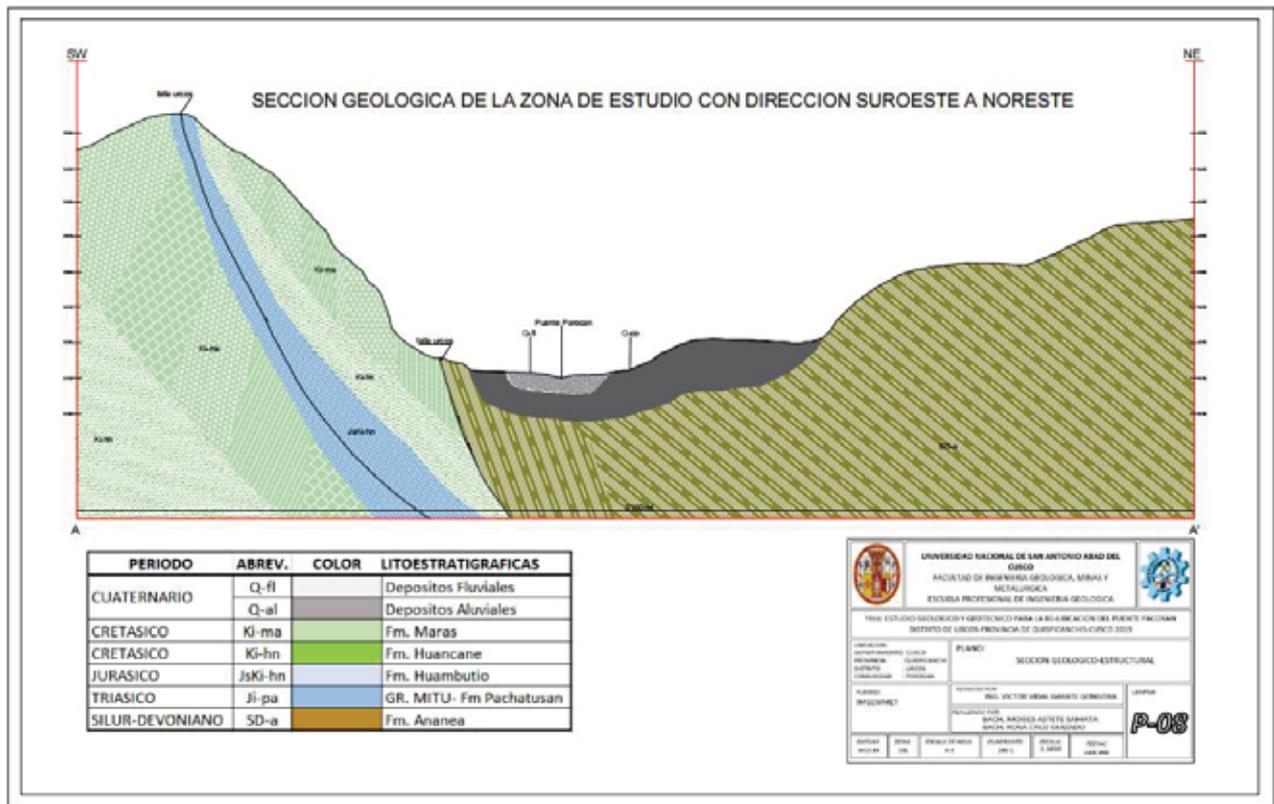


Figura N 25: sección geológico estructural del Corte A-A' del mapa geología estructural local.
 Fuente: Elaboración Propia

6. CAPITULO V: GEOFÍSICA

6.1. GENERALIDADES

Este estudio fue realizado por la Corporación Alliance C&P S.A.C. en el mes de junio del año 2019, para desarrollar el estudio geofísico para la ubicación del Puente Parocán, en mencionado estudio se realizó el levantamiento geofísico de 2 líneas de Refracción Sísmica y 2 Análisis Multicanal de Ondas Superficiales MASW 2D a través de la generación de ondas sísmicas de cuerpo Vp y Vs, obteniendo un modelo de las condiciones geológicas del área de estudio (suelo, roca, contactos, etc.) de esta forma buscar condiciones favorables de unidades litoestratigráficas para la ubicación de los estribos del Puente Parocán en el distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, en el departamento de Cusco; a continuación en el Figura N°13: se muestra la ubicación del tendido de líneas sísmicas para el estudio de refracción sísmica y para el análisis multicanal de ondas superficiales.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

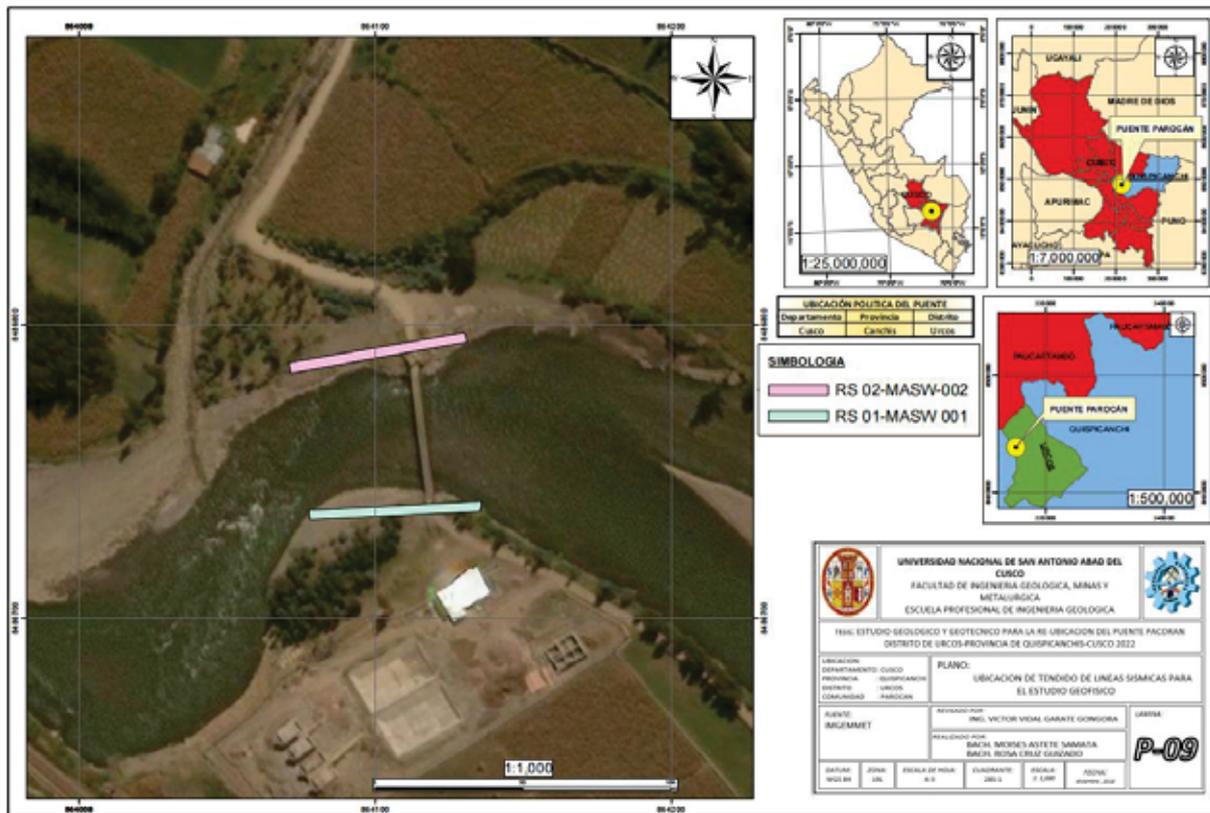


Figura N°26: tendido de líneas sísmicas para el estudio geofísico
Fuente: Propia

6.2. PROSPECCION GEOFÍSICA

6.2.1. TRABAJO DE CAMPO

El levantamiento en campo de los ensayos de Refracción Sísmica y MASW 2D se llevó a cabo el 27 de junio del 2019, durante esta etapa se realizó el levantamiento de 2 líneas de Refracción Sísmica y 2 MASW 2D, de acuerdo a lo establecido en los requerimientos del proyecto.

Durante la adquisición de datos en campo se realizó el control de calidad de la data conforme se fue adquiriendo estos, se realizaron repeticiones de los golpes para la obtención de buenos registros.

Las ubicaciones y longitud de las líneas sísmicas levantadas en campo se presentan en la tabla N° 7, donde se menciona el punto inicial, final y centro de cada línea sísmica.

ENSAYO	INICIO		FIN		LONGITUD
	ESTE(m)	NORTE(m)	ESTE(m)	NORTE(m)	
RS 01 - MASW 01	214984	8487714	214935	8487717	50
RS 02 - MASW 02	214997	8487766	214928	8487761	50

Tabla N°12: Ubicación de Líneas de Refracción Sísmica y MASW 2D



6.3. MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

6.3.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

Este método mide el tiempo de propagación de las ondas elásticas, transcurrido entre un sitio donde se generan las ondas sísmicas y la llegada de éstas a diferentes puntos de observación, como lo muestra Figura N°14. Para este ensayo se dispusieron geófonos a 2 y 3 metros distanciados en una superficie en línea recta, todo esto forma un tendido sísmico o línea de refracción. A una distancia conocida del extremo del tendido, en el punto de disparo, se generó ondas sísmicas con la ayuda de un martillo, las cuales generan vibraciones en el terreno que se propagan por el subsuelo y que son detectadas por cada uno de los geófonos en el tendido. Seguidamente se registran información obtenido del geófono las respuestas del terreno en función del tiempo. Estas trazas son analizadas en la refracción sísmica para obtener el tiempo de llegada de las primeras ondas de cuerpo, tanto onda P como también las llegadas de la onda S, a cada sensor desde el punto de disparo. 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 (Geodatos, 2020)

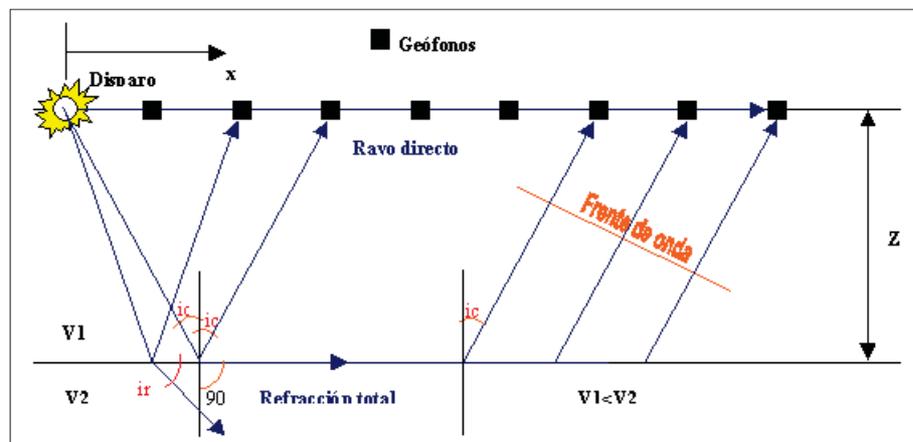


Figura N°27: Esquema del principio del ensayo de Refracción Sísmica.

6.3.2. EQUIPO E INSTRUMENTOS

Para el levantamiento en campo del ensayo de Refracción Sísmica se utilizó los siguientes equipos e instrumentos Figura N°15:

- Sismógrafo de 24 canales (Geode de Marca Geometrics).
- 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.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



- 2 Baterías de 12 Voltios.



Figura N°28: Equipo de medición para ensayos de Refracción Sísmica.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Medición	Tiempo de arribo de ondas P
Arreglo de geófonos	24 unidades de 4.5 o 14 Hz
Espaciamiento entre geófonos	2 y 3 m
Fuente de generación de ondas sísmicas	Comba
Formato de los datos adquiridos	dat

Tabla N°13: Parámetros de adquisición de datos para el ensayo de Refracción Sísmica



Fotografía N°13: Tendido de líneas sísmica y registro de datos.



6.3.3. PROCESAMIENTO DE DATOS DE RS 001

El procesamiento de los datos de Refracción Sísmica se realizó con el software Pickwin, con el cual se realiza un previo control de calidad de datos y se analiza las fases (P) para cada registro de trazas, que se muestra en Figura N°16:

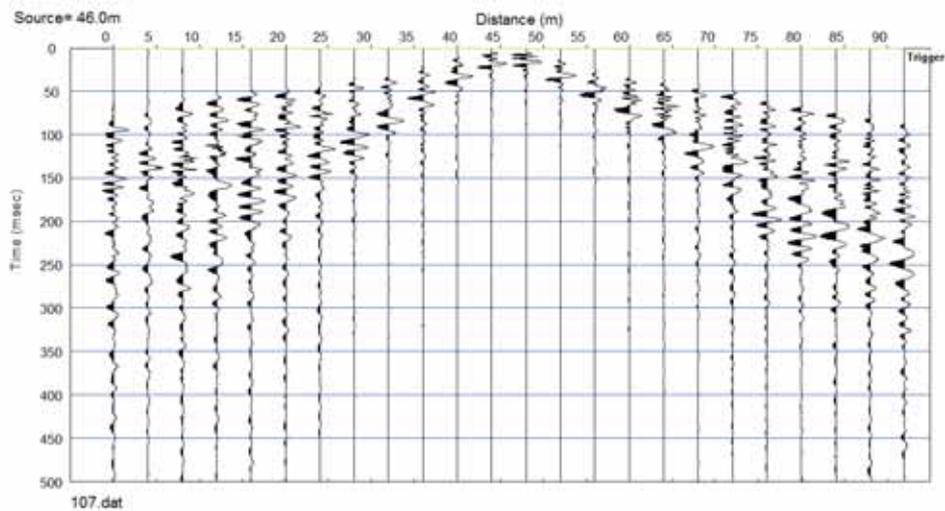


Figura N°29: Vista de un Registro trazas de Refracción Sísmica.

Seguidamente se realiza los perfiles sísmicos 2D donde se define las velocidades y espesores de cada estrato de los materiales del subsuelo Figura N°30; estas interpretaciones de los perfiles sísmicos son correlacionados con tablas de velocidades teóricos según ASTM (Tabla N°14) y los perfiles son correlacionados con observaciones de campo.

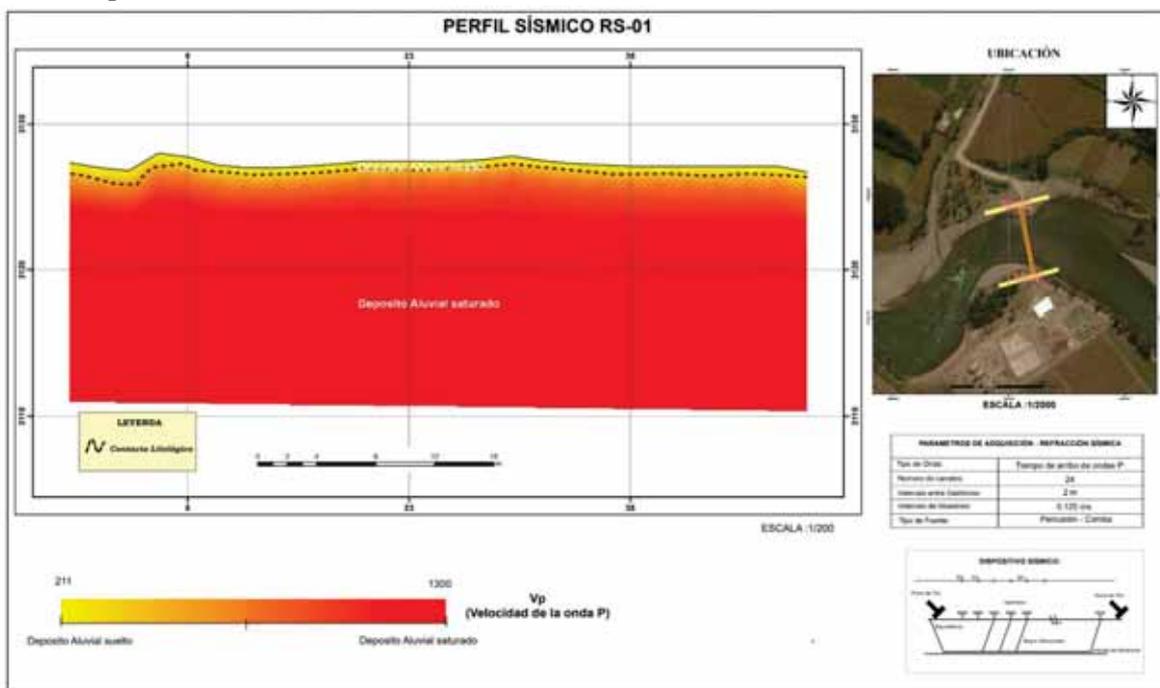


Figura N°30: perfil sísmico, de la línea RS-01
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



DESCRIPCIÓN	Vp (m/s)
Arena suelta sobre manto freático	245 – 610
Suelo blando	< 300
Arena suelta bajo el manto freático	45 - 1220
Arenas y gravas	300 – 1000
Arena suelta mezclada con grava	455 – 1065
Rocas blandas, grava y arena	1000 – 2000
Grava suelta, húmeda	455 – 915
Roca compacta	2000 – 4000
Roca muy compacta	> 4000

*Tabla N°14: velocidad de ondas de compresión en m/s Vp de diferentes materiales geológicas.
FUENTE: (ASTM, 1995)*

6.3.3.1. INTERPRETACION DE RESULTADOS DE RS 001

El ensayo RS 001 se determinó que el primer estrato presenta velocidades Vp menor a 211 m/s con un espesor menor a 1 m (Figura N°30) , el cual corresponde a arena y grava suelta (Deposito aluvial), el segundo estrato presenta velocidades Vp, de 1300 m/s con un espesor mayor a los 16m, el cual se infiere como depósito aluvial saturado.

6.3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS DE RS 002

De la misma forma que para la RS 002, se prosiguió para el tendido de RS 002, procesando los datos con el software Pickwin, con el cual se realiza un previo control de calidad de datos y se analiza las fases (P) para cada registro de trazas.

Seguidamente se realiza los perfiles sísmicos 2D según las velocidades de ondas de compresión obtenidos, donde se define las velocidades y espesores de cada estrato de los materiales del subsuelo Figura N°31; estas interpretaciones de los perfiles sísmicos son correlacionados con tablas de velocidades teóricos según ASTM mencionado anteriormente en el Tabla N°14, y los perfiles son correlacionados con observaciones de campo.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**

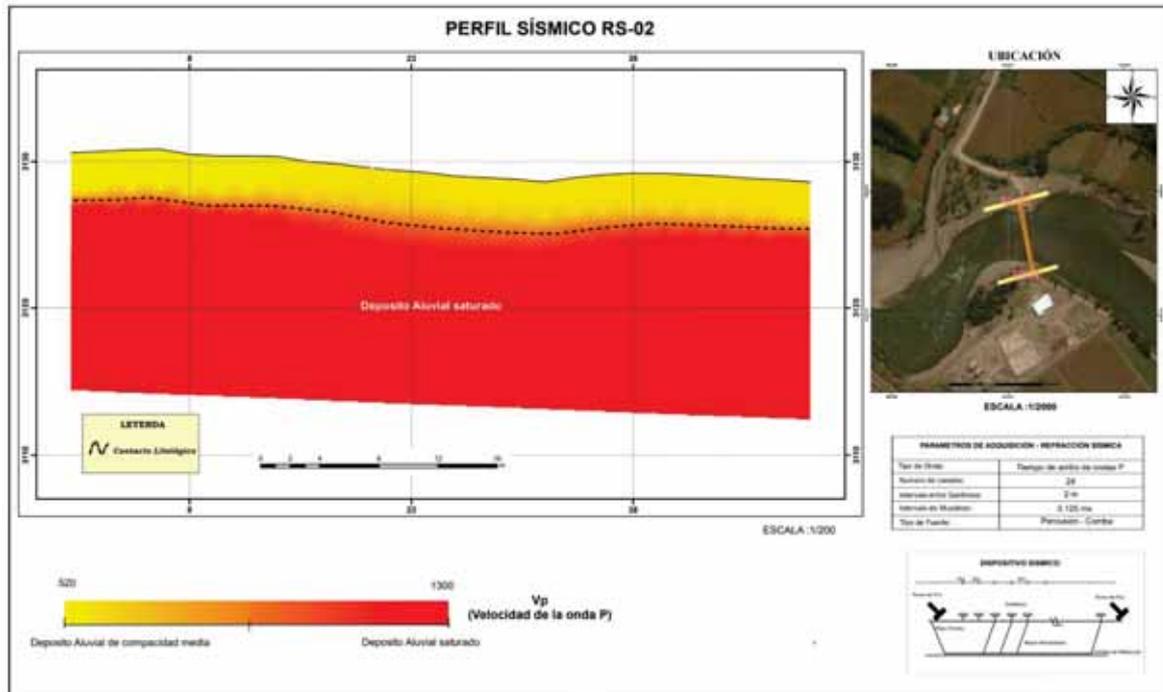


Figura N°31: velocidad de ondas de compresión en m/s V_p de diferentes materiales geológicas
(ASTM, 1995)

6.3.4.1. INTERPRETACION DE RESULTADOS DE RS 002

Según la Figura N°31 el estrato presenta velocidades V_p de 520 m/s y V_s mayor a 250 m/s con un espesor de aproximadamente 4 m, el cual corresponde a Deposito aluvial de compacidad media, el segundo estrato presenta velocidades V_p , de 1300 m/s y V_s menor a 250 m/s con un espesor de aproximadamente 20 m, el cual se infiere como depósito aluvial saturado; el tercer estrato presenta velocidades V_s mayores a 250 m/s y se encuentra a una profundidad entre 25 a 27 m, el cual se infiere como material de compacidad media.

LÍNEA	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	VELOCIDAD DE COMPRESIÓN V_p	ESPESOR (m)
RS 01	Deposito aluvial suelto	211 m/s	<1
	Deposito aluvial saturado	1300 m/s	>16
RS 02	Deposito aluvial de compacidad media	$V_p=250$ m/s, $V_s > 520$ m/s	4
	Deposito aluvial saturado	$V_p=1300$ m/s, $V_s < 250$ m/s	20

Tabla N°15: descripción e interpretación de los perfiles de Refracción Sísmica



6.4. METODO DE MASW 2D (ANALISIS MULTICANAL DE ONDAS SUPERFICIALES)

6.4.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MASW 2D

Es un método no destructivo, este método fue utilizado para evaluar las condiciones y módulos elásticos de los materiales donde se colocarán los estribos del Puente proyectada Parocán; El método de MASW 2D analiza las propiedades de dispersión de los tipos de ondas sísmicas superficiales (modos fundamentales de ondas Rayleigh), estas ondas hicieron propagar horizontalmente a lo largo de la superficie desde el punto en que se realizó el impacto hasta los receptores (geófonos). Para los registros se utilizaron 24 receptores cada uno separados a 4.2m en una línea tendida de 50m, desde una impulsiva o vibratoria, proporcionan una redundancia estadística para medir velocidades de fase. Los datos multicanales muestran un formato de frecuencia variable con el tiempo, además este método permite la identificación y rechazo de los modos no fundamentales de ondas Rayleigh y otro ruido coherente a partir de los análisis.

6.4.2. EQUIPO E INSTRUMENTOS

Para el levantamiento en campo del ensayo de MASW 2D se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos que se muestran a continuación:

- Sismógrafo de 24 canales (Geode de Marca Geometrics).
- 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 25 libras.
- Sensor de comba.
- 2 Baterías de 12 Voltios

6.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS DE MASW 001 - 2D

El procesamiento de los datos de MASW 2D (análisis multicanal de ondas superficiales), se realizaron con el software Seisimager, con el cual se determinaron las velocidades de la fase (S) para los registros de trazas que se muestran en la (Figura 32), para finalmente obtener perfiles sísmicos 2D donde se define las velocidades S y espesores de cada capa del subsuelo.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020

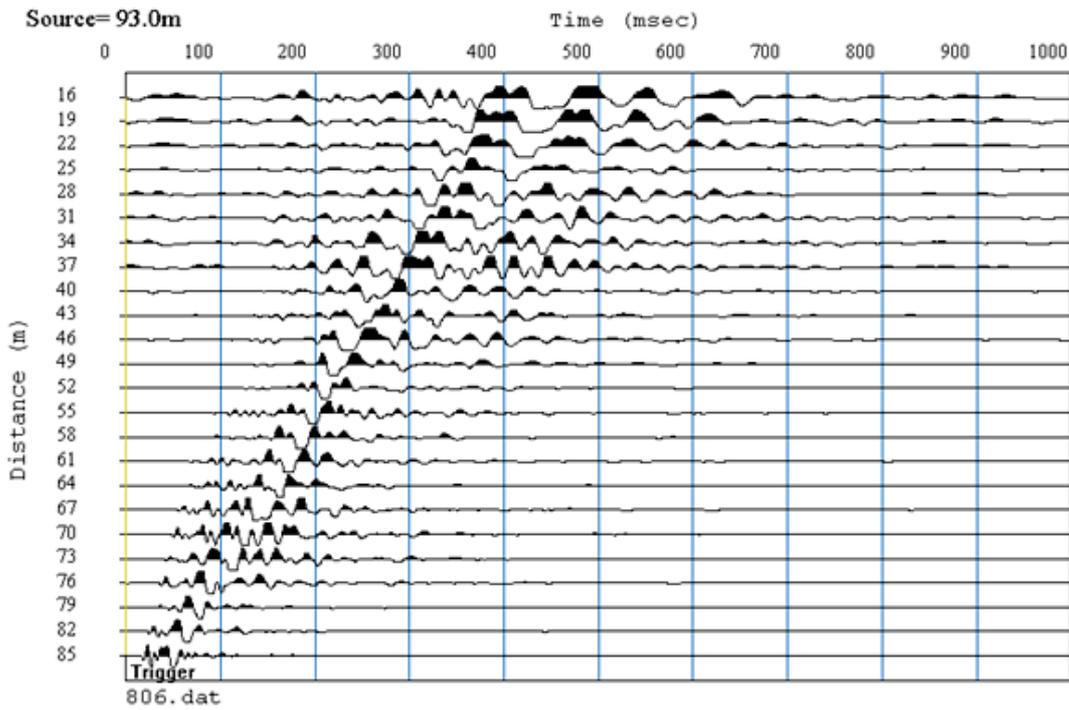


Figura N°32: Vista de un Registro trazas de MASW 001 2D

Luego de definir los estratos de velocidades (V_s) de cada sección con sus respectivos espesores, se realizó un análisis cualitativo con los perfiles de refracción sísmica para luego correlacionar con información de observaciones de campo, el plano geológico de la zona de estudio; con la finalidad de obtener una buena interpretación de cada estrato definido.

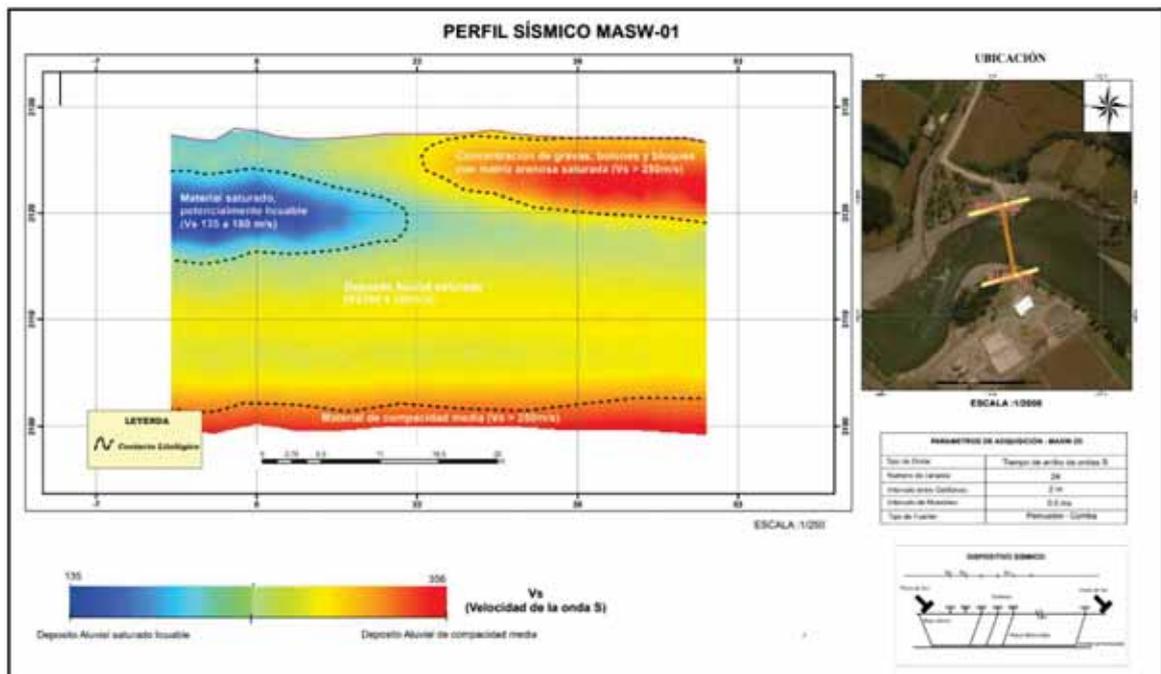


Figura N°33: perfil sísmico MASW-01
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



6.4.3.1. INTERPRETACION DE RESULTADOS DE MASW 001

Para clasificar los perfiles del suelo se utilizaron la norma peruana de diseño sismorresistente E-030 del 2018, a continuación, se muestra dicha tabla de clasificación basada en el MBS, con esta tabla y las velocidades obtenidos por el ensayo MASW 001 se infiere depósito aluvial saturado con un V_s entre 135 a 180 m/s, hasta los 22 a 25 m, por debajo se infiere material de compacidad media con un V_s mayor a 250 m/s; según estos valores obtenidos se afirma que la zona estudiado corresponde a un terreno tipo S2, que es un suelo intermedio, próximo a suelo blando con velocidades de ondas de corte entre 264 a 301m/s, según la norma Peruana E.030.

CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELO			
Tipo de Suelo	Velocidad de ondas de corte $V_{s30}(m/s)^*$	N1(60) SPT	Resistencia al corte en condición no drenada S_u
S0	$V_s > 1500$	-	-
S1	$500 < V_s < 1500$	> 50	> 100 kPa
S2	$180 < V_s < 500$	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	$V_s < 180$	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Tabla N°16: resumen de valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo.

FUENTE: (Ministerio de Vivienda, 2019)

LÍNEA	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	VELOCIDAD DE COMPRESIÓN V_s	ESPESOR (m)
MASW 01-2D	Deposito aluvial suelto	135 -180 m/s	22 a 25
	Deposito aluvial saturado	>250 m/s	>25
MASW 02-2D	Deposito aluvial	$V_s > 250$ m/s	1
	Deposito aluvial saturado	$V_s = 220-250$ m/s	22
	Material de compacidad media	$V_s > 250$ m/s	>22

6.4.4. PROCESAMIENTO DE DATOS DE MASW 002- 2D

De la misma forma que para el ensayo MASW 001, en este ensayo se analizaron los datos 1 con el software Seisimager, con el cual se determinaron las velocidades de la fase (S) para los registros de trazas que se muestran en la Figura 32, para finalmente obtener perfiles sísmicos 2D donde se define las velocidades S y espesores de cada capa del subsuelo; seguidamente se realizó el perfil sísmico MASW 002 en donde se aprecia las capas de estratos que a continuación se muestra en el siguiente perfil.

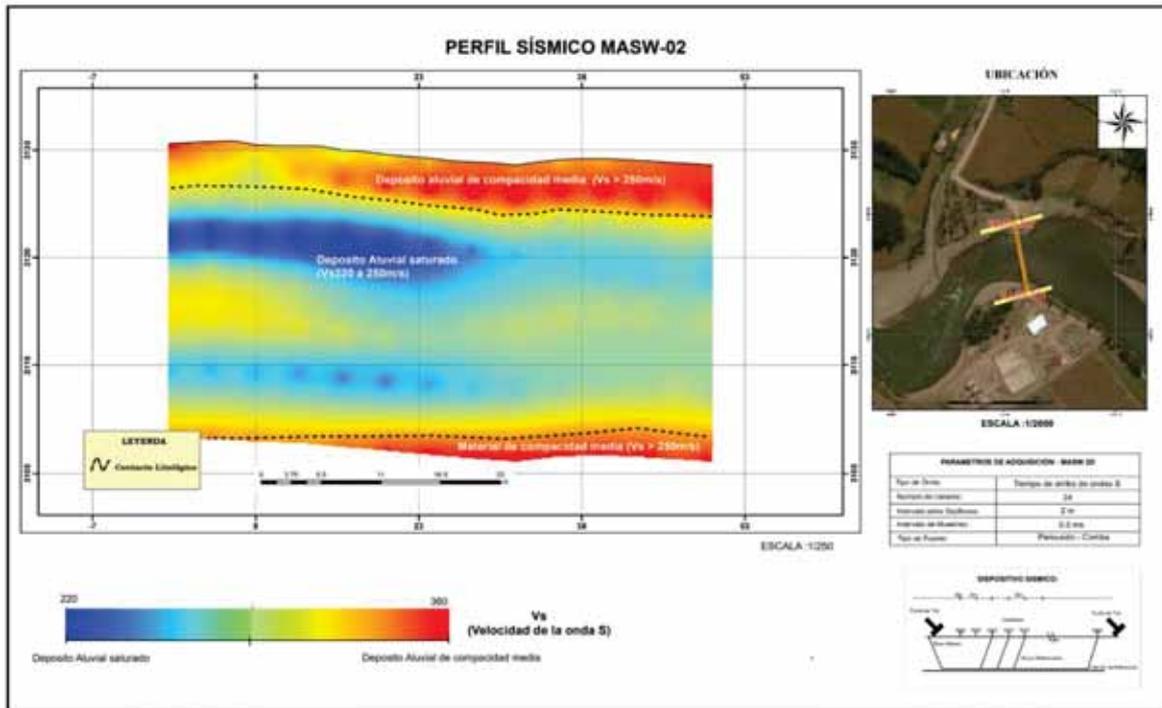


Figura N°34: perfil sísmico MASW-02
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)

6.4.4.1. INTERPRETACION DE RESULTADOS DE MASW 002

Para clasificar los perfiles del suelo también se utilizaron la norma peruana de diseño sismorresistente E-030 del 2018, con la ayuda de la tabla MBS, y con los datos de velocidades obtenidos por el ensayo MASW 001 se infiere que la zona de estudio a 1m de profundidad presenta depósitos aluviales con velocidades de ondas de corte que superan los 250m/s, por debajo de esta hasta los 22m se infiere depósitos aluviales saturados con Vs entre 220 a 250m/s y por debajo de esta se infiere material de compactación media con un Vs mayor a 250 m/s; por ultimo según este ensayo se afirma que el suelo pertenece al tipo S2 que es un suelo intermedio, próximo a suelo blando.

ENSAYO	INICIO		FIN		VS30 (m/s)	NORMA DE DISEÑO SISMORESISTENTE E.030 2018	
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)		T(s)	DENOMINACIÓN
MASW 01	21498 4	8487714	21493 5	8487717	264	0.45	Suelo Intermedio
MASW 02	21499 7	8487766	21492 8	8487761	301	0.39	Suelo Intermedio

Tabla N°17: Descripción e interpretación de los perfiles de MASW 2D
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



6.5. PARÁMETROS ELÁSTICOS

La respuesta del suelo ante cargas cíclicas depende del nivel de deformación. Los distintos niveles de deformación cortante producen comportamiento elástico, elasto plástico y falla del suelo. (Ver Tabla N°18).

Magnitud de la Deformación Cortante		10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	
Fenómenos		Propagación de ondas, Vibración			Fisuramiento, Asentamiento Diferencial		Deslizamiento, Licuación	
Características Mecánicas		Elástico			Elásto - Plástico		Falla	
Efecto de Repetición de Carga					← →			
Efecto de Velocidad de Carga					← →			
Constantes		Módulo cortante, relación de Poisson, amortiguamiento					Angulo de fricción interna, Cohesión	
Medición In-situ	Métodos Sísmicos	← →						
	Ensayo de vibración In-situ				← →			
	Ensayo de carga repetida				← →			
Medición en el Laboratorio	Propagación de ondas	← →						
	Columna resonante				← →			
	Ensayo de carga repetida				← →			

Tabla N°18: Variación de las propiedades del suelo con la deformación cortante
Fuente: (Ishihara, 1996)

El módulo cortante dinámico es una de las propiedades más importantes en el análisis dinámico del suelo, ya que es el parámetro directo y representativo en el cálculo de esfuerzos y deformaciones.

El suelo presenta un comportamiento no lineal entre esfuerzos y deformaciones siendo una relación curvilínea conocida como ciclo de histéresis esfuerzo – deformación (Figura N°35).

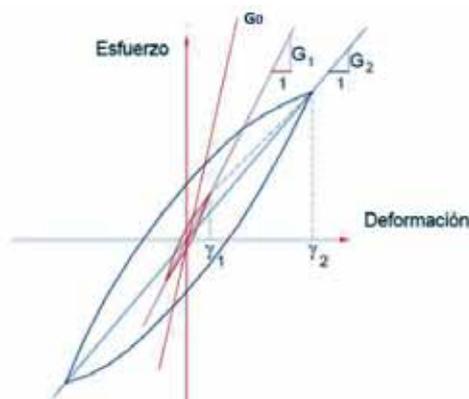


Figura N°35: Ciclo de histéresis



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Por lo tanto, se define el módulo cortante del suelo (G) como la pendiente de la secante que une los puntos extremos de un ciclo, G1 y G2.

Para deformaciones muy pequeñas menores a 10–4% el modulo cortante viene dado por la pendiente de la tangente a la curva esfuerzo – deformación en el origen y recibe el nombre de Modulo cortante máximo G0 o Gmax y tiene la característica de ser el valor más grande del módulo de cortante en el rango lineal - elástico del suelo.

Los distintos niveles de deformación cortante producen comportamiento elástico, elastoplástico o falla del suelo, mediante los análisis geofísicos realizados se induce deformaciones despreciables al terreno recuperando su estado inicial, en este proceso el suelo tiene comportamiento lineal y elástico sin pérdida de energía, determinando así los valores máximos de Modulo de corte, módulo de Young y modulo volumétrico.

La determinación in situ de los parámetros dinámicos requiere de la medición de ondas Rayleigh para lo cual se aplican técnicas sísmicas como el ensayo MASW. La relación entre la velocidad de ondas de corte y el modulo cortante dinámico es:

$$G_d = \gamma V_s^2$$

Donde:

γ = Densidad del suelo

V_s = Velocidad de ondas de corte

Los ensayos de Refracción Sísmica permiten obtener la velocidad de propagación de las ondas compresionales P (primarias) y mediante los ensayos MASW, se obtiene las ondas de corte S (secundarias). Con estos valores de velocidad de propagación de las ondas P y S (V_p y V_s), a través del terreno y los pesos volumétricos obtenidos se determina la relación de Poisson (ν).

Los ensayos de Refracción Sísmica permiten obtener la velocidad de propagación de las ondas compresionales P (primarias) y mediante los ensayos MASW, se obtiene las ondas de corte S (secundarias). Con estos valores de velocidad de propagación de las ondas P y S (V_p y V_s), a través del terreno y los pesos volumétricos obtenidos se determina la relación de Poisson (ν).

$$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

De la teoría de elasticidad el modulo cortante G se relaciona con el módulo de elasticidad Es de la siguiente manera:

$$E_d = 2.G_d(1+\nu)$$



Donde:

u = Relación de poisson, adimensional. Valor obtenido de la interacción de ondas de corte V_s y ondas compresionales V_p .

De la teoría de elasticidad el modulo cortante de elasticidad E_d se relaciona con el módulo volumétrico K_d de la siguiente manera:

$$K_d = \frac{E_d}{3 \cdot (1 - 2\nu)}$$

Las formulaciones son válidas para materiales que tienen un comportamiento isotrópico es decir las propiedades físicas no dependen de la dirección en que son examinadas.

Con la finalidad de determinar los parámetros elásticos del terreno a deformaciones considerables del orden de 8% que ocurren ante la aplicación de cargas monotónicas se realiza la degradación de rigidez del material de acuerdo a las curvas obtenidas por Ishihara, 1996. Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics, de lo cual podemos inferir que para suelos cohesivos la razón entre parámetros elásticos a pequeñas deformaciones del orden de 10^{-6} y parámetros elásticos que ocurren ante la aplicación de cargas monotónicas es $1/10$. (Figura N°36).

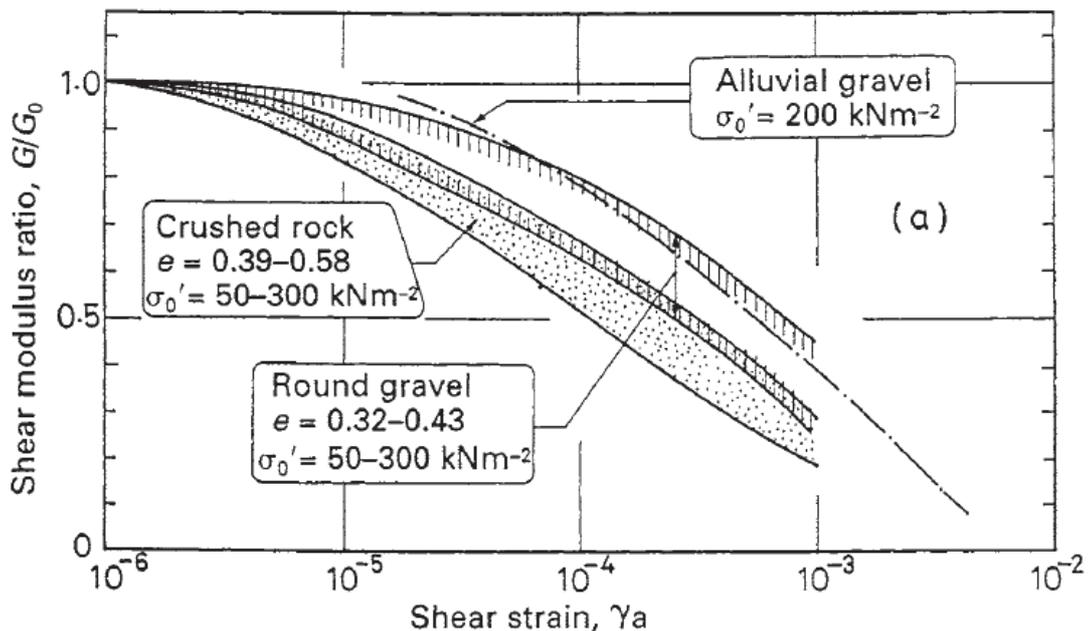


Figura N°36: Curva de degradación de la rigidez

De acuerdo a los valores obtenidos en todo el sector estudiado corresponde a un terreno tipo S2, Suelo intermedio, próximo a suelo blando con valores de V_{s30} entre 264 a 301m/s, según norma peruana E 030 actualizada al 2018.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Se han estimado parámetros elásticos para cargas monotónicas a través de la curva de degradación de rigidez propuesta por Ishihara, (Tabla N°19 y Tabla N°20). Estos se muestran a continuación:

Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Relación de poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
2	1020	305	1.8	0.45	84.6	245.6	835.1
4	1166	304	1.8	0.46	85.9	251.3	1146.8
6	1247	273	1.8	0.47	69.8	206.0	1363.1
8	1261	234	1.8	0.48	51.3	152.0	1423.9
10	1262	245	1.8	0.48	56.3	166.7	1418.1
12	1262	260	1.8	0.48	63.6	188.0	1409.3
14	1262	281	1.8	0.47	73.9	217.9	1395.5
16	1263	274	1.8	0.48	70.4	207.6	1401.6
18	1736	274	1.9	0.49	73.9	219.9	2871.0
20	1263	340	1.8	0.46	108.4	316.8	1352.2

Tabla N 19: Parámetros elásticos inferidos de los ensayos RS-01 & MASW-01

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)

Profundidad (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (Tn/m3)	Relación de poisson μ	Módulo de Corte Ge (Kg/cm2)	Módulo de Young Ee (Kg/cm2)	Módulo Volumétrico Ke (Kg/cm2)
2	570	340	1.7	0.22	130.9	320.4	193.3
4	1117	301	1.8	0.46	111.5	325.7	1385.0
6	1273	273	1.8	0.48	93.2	275.2	1905.7
8	1304	230	1.8	0.48	66.6	197.7	2049.7
10	1305	245	1.8	0.48	75.2	222.9	2038.7
12	1305	269	1.8	0.48	90.8	268.4	2018.4
14	1305	293	1.8	0.47	107.7	317.5	1995.8
16	1305	278	1.8	0.48	97.4	287.4	2009.6
18	1305	278	1.8	0.48	97.4	287.4	2009.6
20	1305	342	1.8	0.46	147.0	430.1	1943.5

Tabla N°20: Parámetros elásticos inferidos de los ensayos RS-02 & MASW-02

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)

Con todo este análisis se determinaron los parámetros elásticos del terreno a partir de las velocidades de propagación de las ondas compresionales (Vp) mediante el ensayo de Refracción Sísmica y las velocidades de propagación de las ondas de corte (Vs) mediante el ensayo MASW 2D, los cuales son referenciales y deberían de ser validados si fuese necesario con ensayos de directos.



7. CAPITULO VI: HIDROLOGIA

7.1. GENERALIDADES

El puente Parocán se encuentra en la Cuenca del rio Vilcanota, en el sector Parocán del distrito de Urcos, este los sectores de Sallac, Cuñamuro, Huarahuasi, Huskumachay y otras comunidades de la zona, la delimitación de la unidad hidrográfica a partir del punto de fundación del puente se realizó mediante el software ArcGis, para el cálculo y generación de información meteorológica e hidrométrica, se usaron 7 estaciones meteorológicas, parte de la información fue obtenida de SENAMHI, empresa consultora “Consortio Chakakuna Qosco” y calculo propio.

7.2. ANALISIS DE PARAMETROS MORFOMETRICOS

Para realizar este estudio cuantitativo de las características físicas de la cuenca Vilcanota a partir de la ubicación del puente Parocan, se partió del uso de cartas nacionales de IGN (Instituto Geográfico Nacional) como la 28s (Cusco), 28t (Ocongate), 28u (Corani), 29s (Livitaca), 29t (Sicuani), 29u (Nuñoa), 30t (Yauri), 30u (Ayaviri), e imágenes raster, obtenidas del geoservidor MINAM (ASTGTM_S14W071, ASTGTM_S14W072, ASTGTM_S15W071, ASTGTM_S15W072).

Se delimito la cuenca hidrográfica Vilcanota partiendo del punto donde se ubica el puente Parocan.



Fotografía N°14: Puente Parocán, punto del cual parte la delimitación de la cuenca.
FUENTE: Propia.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020

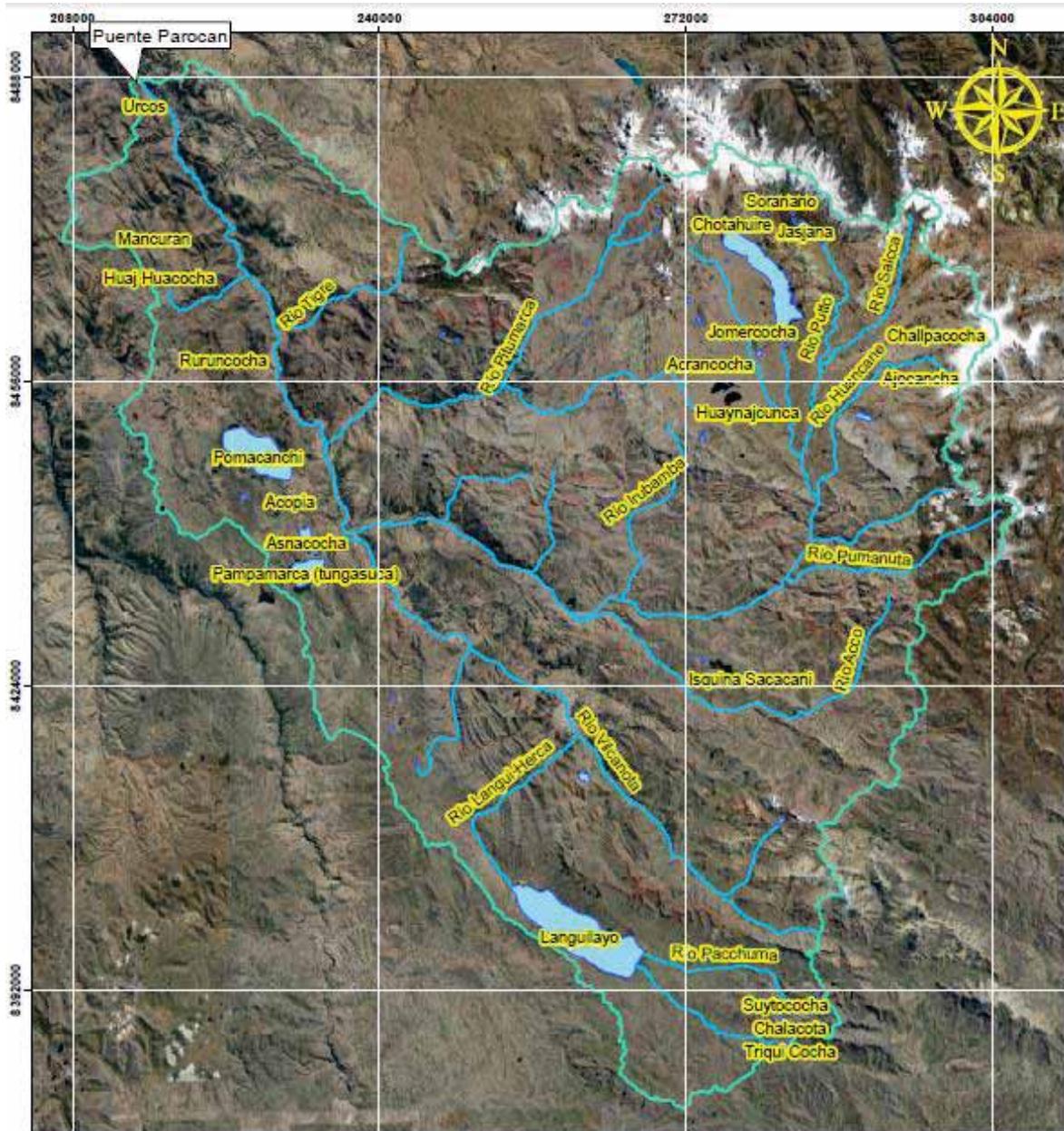


Figura N°37: Delimitación de la cuenca Vilcanota, partiendo del puente Parocán.
FUENTE: Elaboración propia.

La cuenca Vilcanota presenta como principales características; área de 5909.896 Km², se encuentra entre 3098 y 6305.57 msnm, una altitud media de 4787 msnm, la pendiente promedio de la cuenca es 32.28 %, longitud del cauce principal de 132.114 Km, factor forma de 0.339 según Horton, lo que indica que la forma de la cuenca es ligeramente alargada, la densidad de drenaje es 2.271 Km/Km², lo que indica que es alta y tiempo de concentración de 51.01 horas según California Culvert Practice; a continuación se



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



observa la mapa de sub cuenca del rio Vilcanota aguas arriba del Puente Proyectada Parocan.

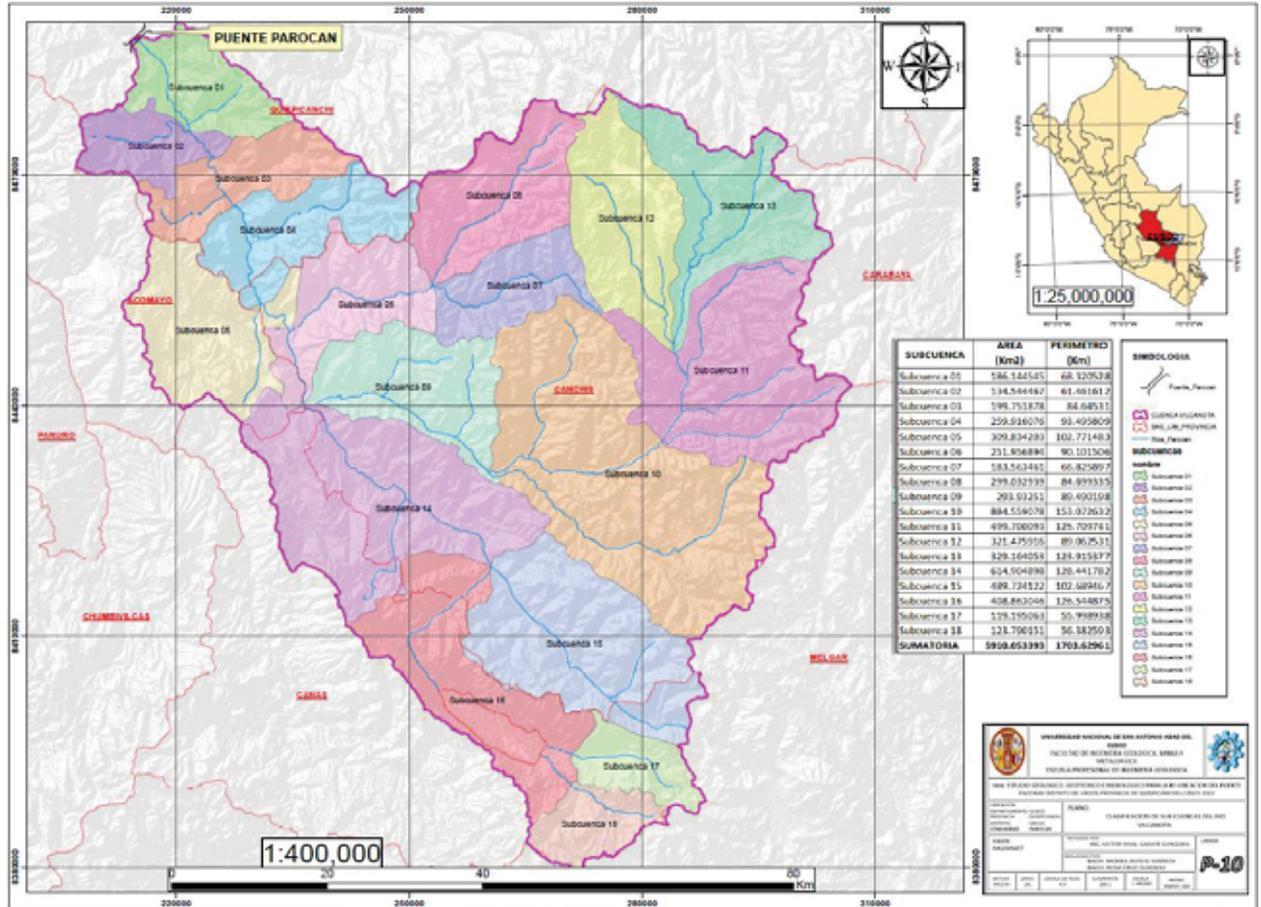


Figura N°38: Mapa de clasificación de subcuencas de la cuenca Vilcanota
Fuente: Elaboración Propia



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020



PROPIEDADES MORFOMETRICAS CUENCA VILCANOTA		
PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Superficie		
Area	Km ²	5909.896
Perimetro	Km	464.411
Cotas		
Cota Maxima	m.s.n.m.	6305.57
Cota minima	m.s.n.m.	3098
Centroide WGS84-UTM-19S		
X centroide	m	259017.95
Y centroide	m	8437654.00
Z centroide	m.s.n.m.	4787.00
Altitud		
Altitud media	m.s.n.m.	4787.00
Altitud mas frecuente	m.s.n.m.	4850.50
Altitud de frecuencia media	m.s.n.m.	4599.87
Pendiente		
Pendiente promedio de la cuenca	%	32.28
Red Hidrica		
Longitud del curso principal	Km	132.114
Orden de la red hidrica (Strahler)	UND	8
Longitud de la red hidrica	Km	13419.185
Parametros generados		
Factor de forma (Horton)		0.339
Densidad de drenaje	Km/km ²	2.271
Tiempo de concentracion	Horas	51.01
Pendiente del cauce principal	m/km	24.277

Tabla N°21: Parámetros morfométricos de la cuenca Vilcanota.
FUENTE: Elaboración propia.



Gráfico 1: Perfil longitudinal del río Vilcanota.
FUENTE: Elaboración propia.



7.2.1. CURVA HIPSOMETRICA

Esta curva indica el porcentaje de área que tiene la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada.

VARIABLES DE LA CURVA HIPSOMETRICA							
N°	COTAS (msnm)			AREA			
	Minima	Maxima	Promedio	Area (Km2)	Area Acumulada (Km2)	Area (%)	Area Acumulada (%)
1	3130	3394	3262.000	70.362	5909.818	1.19	100.0
2	3395	3659	3527.000	308.260	5839.456	5.22	98.8
3	3660	3923	3791.500	563.257	5531.196	9.53	93.6
4	3924	4188	4056.000	998.515	4967.939	16.9	84.1
5	4189	4453	4321.000	1033.194	3969.425	17.48	67.2
6	4454	4718	4586.000	1131.890	2936.231	19.15	49.7
7	4719	4982	4850.500	1274.408	1804.341	21.56	30.5
8	4983	5247	5115.000	423.176	529.933	7.16	9.0
9	5248	5512	5380.000	90.252	106.757	1.53	1.8
10	5513	5776	5644.500	14.627	16.505	0.25	0.3
11	5777	6040	5908.500	1.477	1.878	0.02	0.0
12	6042	6306	6174.000	0.401	0.401	0.007	0.0
			TOTAL	5909.8			

Tabla N 22: Variables para elaborar la curva hipsométrica de la cuenca Vilcanota
FUENTE: Elaboración propia.

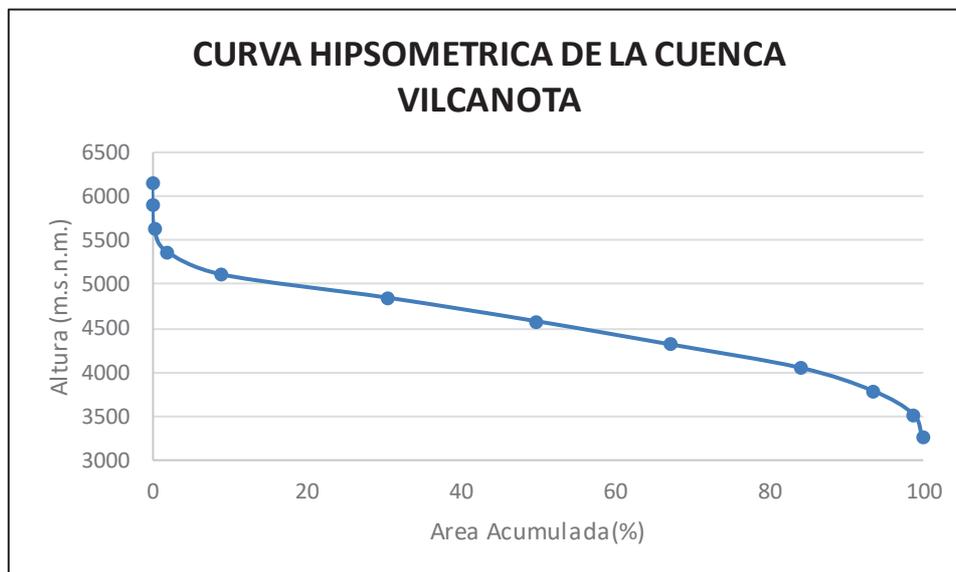


Gráfico 2: Curva hipsométrica de la cuenca Vilcanota.
FUENTE: Elaboración propia.

La curva hipsométrica obtenida indica que la cuenca está en equilibrio o fase de madurez, obteniendo de esta curva que la altitud media de la cuenca es 4787 msnm.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**

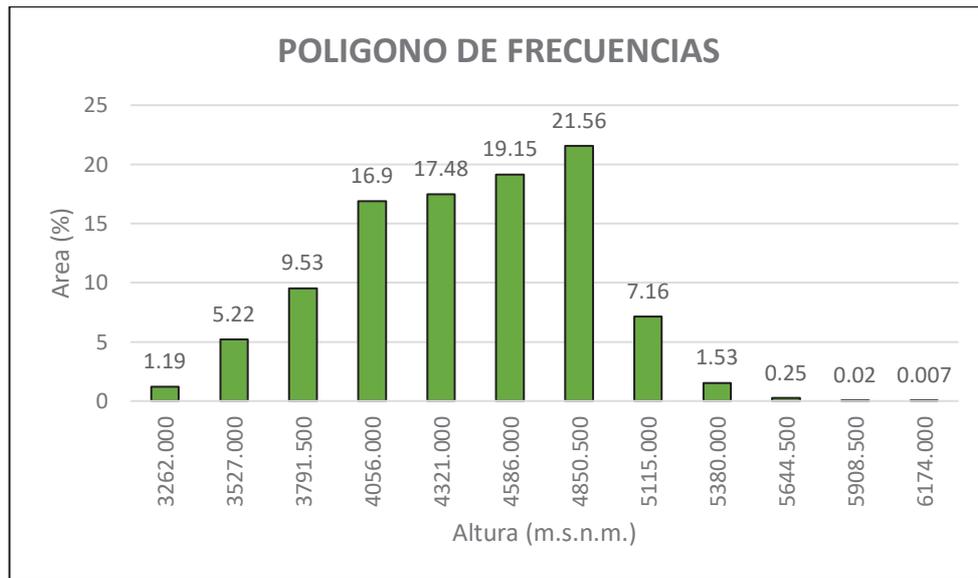


Gráfico 3: Polígono de frecuencias de altitudes para la cuenca Vilcanota.
FUENTE: Elaboración propia.

El polígono de frecuencias indica que la altitud más frecuente en la cuenca es 4850.5 msnm.

7.3. ANALISIS DE INFORMACION METEOROLOGICA

Para el análisis de información meteorológica se ubicaron 7 estaciones cercanas a la zona de estudio, dicha información fue obtenida y procesada del SENAMHI. Los siguientes cuadros muestran las características de las estaciones consideradas en el estudio.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS								
Nro	Nombre de Estación	Coordenadas (WGS 84)				Coordenadas Geograficas		Tipo de Estación
		Zona	Este	Norte	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud	
1	Granja Kayra	19L	188793.81	8499441.00	3219	13°33'25" S	71°52'31" W	convencional
2	Ccatca	19L	222989.08	8493960.39	3681	13°36'35.6" S	71°33'36.4" W	convencional
3	Paruro	19L	192379.37	8476226.78	3050	13°46'1.1" S	71°50'40.9" W	convencional
4	Sicuani	19L	258653.35	8424863.48	3568	14°14'14.5" S	71°14'12.1" W	automatica
5	Acomayo	19L	209972.35	8459307.91	3212	13°55'17.8" S	71°41'2" W	convencional
6	Cay Cay	19L	207801.07	8494860.30	3150	13°36'1" S	71°42'1" W	convencional
7	Pomacanchi	19L	222135.20	8447685.74	3681	14°1'40.1" S	71°34'21.3" W	convencional

Tabla N°23: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas usadas en el estudio.
FUENTE: Elaboración propia.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



UBICACIÓN POLÍTICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS				
Nro	Nombre de Estación	Región	Provincia	Distrito
1	Granja Kayra	Cusco	Cusco	San Jeronimo
2	Ccatca	Cusco	Quispicanchi	Ccatca
3	Paruro	Cusco	Paruro	Paruro
4	Sicuani	Cusco	Canchis	Sicuani
5	Acomayo	Cusco	Acomayo	Acomayo
6	Cay Cay	Cusco	Paucartambo	Caicay
7	Pomacanchi	Cusco	Acomayo	Pomacanchi

Tabla N°24: Ubicación política de las estaciones meteorológicas usadas en el estudio
FUENTE: Elaboración propia.

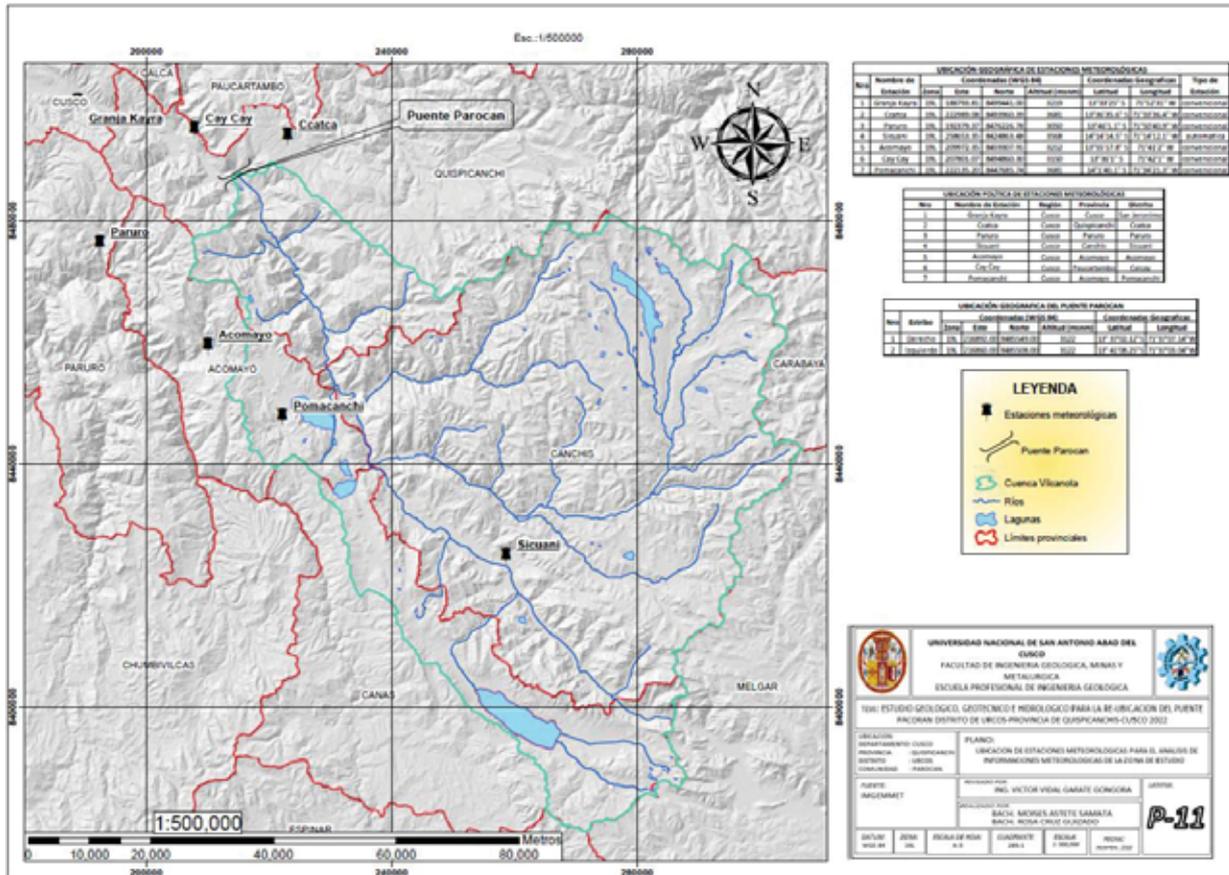


Figura N°39: Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas
Fuente: Elaboración Propia



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



USO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS POR ESTACION										
Nro	Estación/ Variables	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	P. maxima 24 hr (mm)	Vel. de vientos (m/s)	Evaporacion (mm)	Horas de sol	Humedad relativa (%)
		Minima	Media	Maxima						
1	Granja Kayra	•	•	•					•	•
2	Ccatca	•	•	•						•
3	Paruro	•	•	•						•
4	Sicuani				•	•	•			
5	Acomayo								•	
6	Cay Cay							•		
7	Pomacanchi				•	•				

Tabla N°25: Usos de variables meteorológicas por estación para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.

7.3.1. TEMPERATURA (°C)

La generación de temperatura para el área de estudio o punto de fundación del puente se calculó mediante el método estadístico de regionalización, usando las estaciones meteorológicas Granja Kayra, Ccatca, Paruro. Las mayores temperaturas media mensual, se presentan entre los meses de noviembre y febrero, las menores se presentan en los meses de junio y julio. La temperatura media anual es 13.68 °C. En el siguiente cuadro y grafico se muestran los valores de temperaturas.

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)														
ESTACION	H(msnm)/Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
GRANJA KAYRA	3219	20.1	20.8	20.4	20.8	20.8	20.1	21.0	21.7	21.7	21.3	21.9	21.1	21.0
CCATCA	3681	14.7	15.0	15.0	15.8	16.6	15.7	16.5	16.4	16.5	16.3	16.3	15.8	15.9
PARURO	3050	22.7	22.7	22.3	23.0	22.7	22.2	22.6	24.0	24.9	24.2	24.5	23.7	23.3
Coefic. a	60.086	60.506	57.806	57.337	51.861	52.810	52.010	60.240	63.759	60.878	63.304	60.825	58.452	
Coefic. b	-0.012	-0.012	-0.012	-0.011	-0.010	-0.010	-0.010	-0.012	-0.013	-0.012	-0.013	-0.012	-0.012	
Coefic. r	-0.998	-1.000	-1.000	-0.999	-0.999	-0.998	-1.000	-1.000	-0.991	-0.994	-0.999	-0.998	-0.999	
T. MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)		21.6	21.9	21.5	22.1	21.9	21.3	21.9	23.0	23.5	22.9	23.4	22.6	22.3
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)														
ESTACION	H(msnm)/Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
GRANJA KAYRA	3219	13.8	14.3	13.8	13.0	11.5	10.0	10.1	11.3	12.8	13.5	14.5	14.1	12.7
CCATCA	3681	10.1	10.3	10.2	10.0	8.9	7.4	7.1	7.7	9.3	9.9	10.7	10.5	9.3
PARURO	3050	15.5	15.6	15.2	14.6	13.0	11.5	11.5	13.2	15.2	15.4	16.2	15.7	14.4
Coefic. a	41.006	41.343	39.381	36.202	32.103	30.823	32.386	38.898	42.307	40.839	42.431	40.385	38.175	
Coefic. b	-0.008	-0.008	-0.008	-0.007	-0.006	-0.006	-0.007	-0.008	-0.009	-0.008	-0.009	-0.008	-0.008	
Coefic. r	-0.999	-1.000	-1.000	-0.995	-0.995	-0.995	-0.998	-0.997	-0.987	-0.996	-0.999	-0.999	-0.998	
T. MEDIA MENSUAL (°C)		14.78	15.02	14.63	13.94	12.33	10.87	10.93	12.38	14.18	14.57	15.50	15.03	13.68
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)														
ESTACION	H(msnm)/Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
GRANJA KAYRA	3219	7.58	7.81	7.26	5.19	2.18	-0.07	-0.78	0.91	3.87	5.68	7.20	7.09	4.49
CCATCA	3681	5.48	5.60	5.46	4.24	1.13	-0.99	-2.28	-0.99	2.08	3.61	5.16	5.22	2.81
PARURO	3050	8.29	8.39	8.18	6.27	3.20	0.82	0.46	2.36	5.53	6.60	7.97	7.74	5.48
Coefic. a	21.925	22.181	20.956	15.067	12.345	8.836	12.763	17.556	20.856	20.800	21.557	19.944	17.899	
Coefic. b	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003	-0.003	-0.004	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.004	-0.004	
Coefic. r	-1.000	-0.998	-0.997	-0.955	-0.969	-0.968	-0.978	-0.983	-0.971	-0.999	-1.000	-1.000	-0.994	
T. MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)		7.98	8.14	7.79	5.81	2.77	0.44	-0.07	1.74	4.83	6.21	7.64	7.46	5.06

Tabla N°26: Temperatura máxima, mínima y media mensual regionalizada para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.

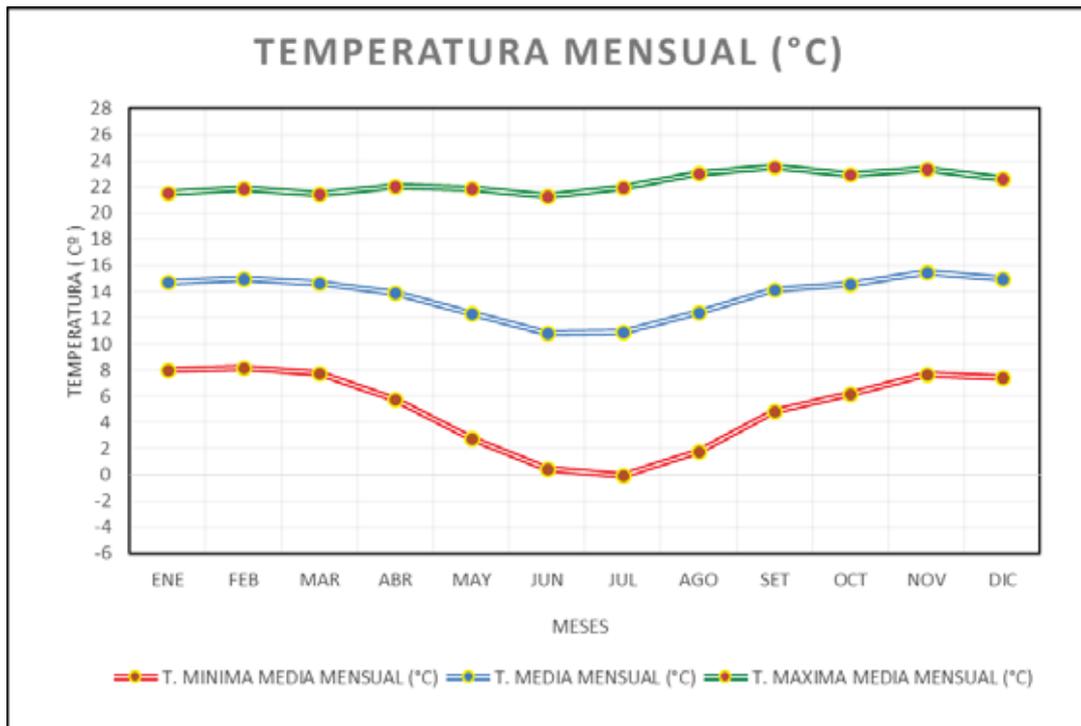


Gráfico 4: Temperatura mínima, media y máxima media mensual (°C) para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.

7.3.2. HUMEDAD RELATIVA (%)

La mayor humedad relativa media mensual, se presenta en el mes de marzo con 79.2 % y menor en el mes de agosto con 68.7 %, la humedad relativa media anual es 73.5 %. Estos resultados se obtuvieron usando las estaciones de Granja Kayra, Ccatca y Paruro. En el siguiente cuadro y gráfico se muestra valores mensuales de la humedad relativa.

REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)												
Estación/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Granja Kayra	74.0	76.2	77.9	75.7	72.1	70.1	64.7	63.6	64.9	68.6	68.9	69.8
Ccatca	82.7	84.5	84.3	81.0	78.9	78.1	74.1	74.8	74.5	77.7	78.8	80.4
Paruro	72.3	73.1	75.3	73.3	71.7	70.2	67.9	67.6	67.6	69.3	70.6	71.0
Humedad relativa (%)	76.3	77.9	79.2	76.7	74.2	72.8	68.9	68.7	69.0	71.8	72.8	73.7
HR media anual (%)	73.5											

Tabla N°27: Humedad relativa media mensual (%) para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**

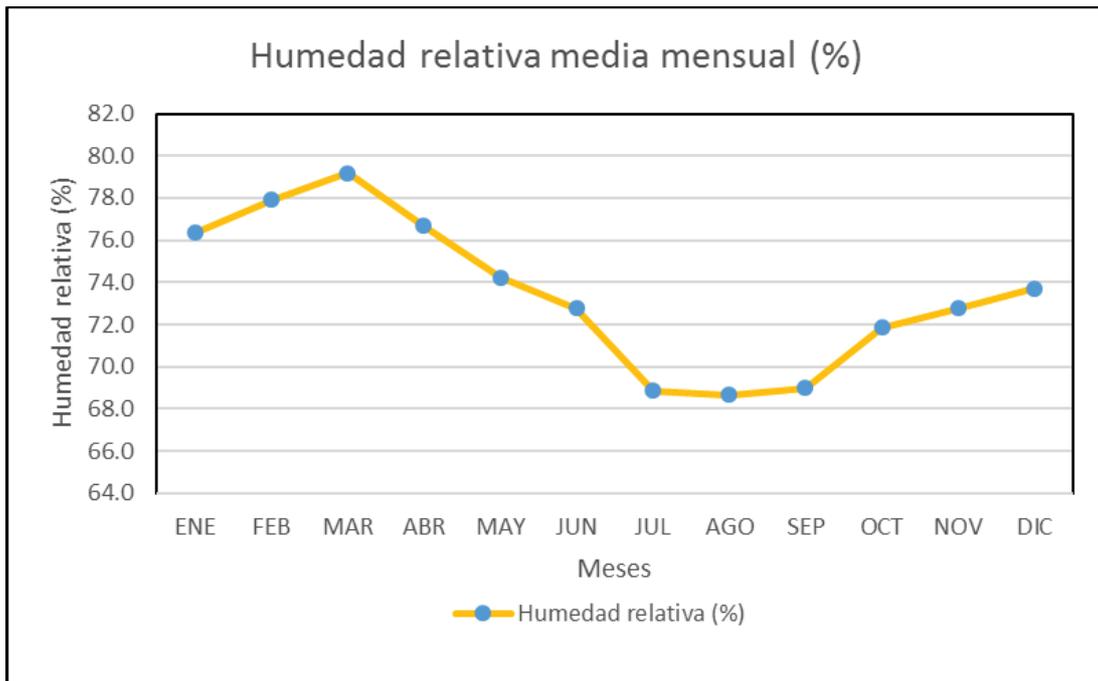


Gráfico 5: Humedad relativa media mensual (%) para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.

7.3.3. VELOCIDAD DE VIENTO (M/S)

La mayor velocidad de viento media mensual, se presenta en el mes de julio con 4.49 m/s, la menor se presenta en el mes de marzo con 3.37 m/s, la media anual es 4 m/s. Estos resultados se obtuvieron procesando la información de la estación Sicuani. En el siguiente cuadro y gráfico se muestra valores mensuales de velocidad de viento.

REGISTRO DE VELOCIDAD DE VIENTO MEDIA MENSUAL (m/s)													
ESTACION	:	Sicuani			Latitud	14	14	14.5	S		Region	:	Cusco
TIPO	:	Automatica			Longitud	71	14	12.1	W		Provincia	:	Canchis
CODIGO	:	4726158C			Altitud	:	3568	msnm			Distrito	:	Sicuani
Año/Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
2017	3.47	3.56	3.27	3.35	3.45	3.86	3.90	4.32	4.69	4.71	4.13	3.82	
2018	3.39	3.28	3.51	3.62	3.88	4.05	4.29	4.30	4.53	4.36	4.02	4.13	
2019	3.72	3.37	3.34	3.73	3.82	4.49	5.28	4.82	5.05	4.88	4.07	3.74	
PROMEDIO	3.52	3.40	3.37	3.57	3.72	4.13	4.49	4.48	4.76	4.65	4.07	3.89	
VV Media anual	4.00												

Tabla N° 28: Velocidad de viento media mensual (m/s) para la zona de estudio
FUENTE: Elaboración propia.

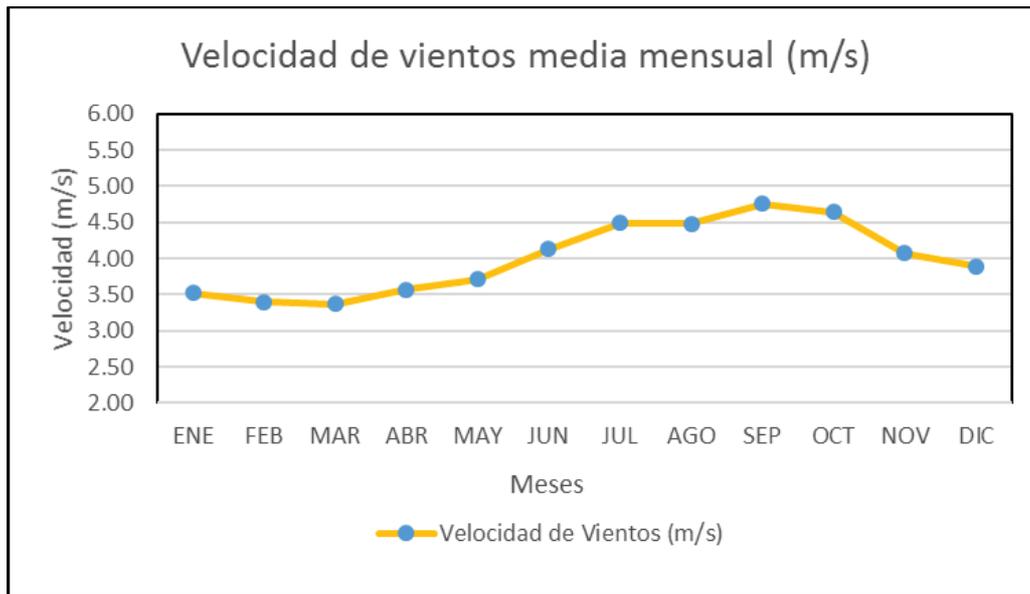


Gráfico 6: Velocidad de viento media mensual para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.

7.3.4. HORAS SOL (HR)

La mayor cantidad de horas media mensual, se presenta en el mes de agosto con 254.2 horas de sol, la menor cantidad se presenta en el mes de febrero con 131 horas de sol, 2317 horas media anual. Estos resultados se obtuvieron procesando la información de la estación Granja Kayra y Acomayo. En el siguiente cuadro y gráfico se muestra valores mensuales de horas sol.

REGISTRO DE HORAS SOL MEDIA MENSUAL (hr)												
Estación/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Granja Kayra	120.8	125.9	145.8	189.1	245.4	239.6	254.2	250.9	208.7	177.0	155.6	127.6
Acomayo	143.7	136.2	155.6	201.6	249.6	236.2	240.3	257.4	225.6	201.4	193.6	152.2
Horas sol (hr)	132.2	131.0	150.7	195.4	247.5	237.9	247.3	254.2	217.2	189.2	174.6	139.9
Total	2317.0											

Tabla N°29: Horas sol media mensual para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**

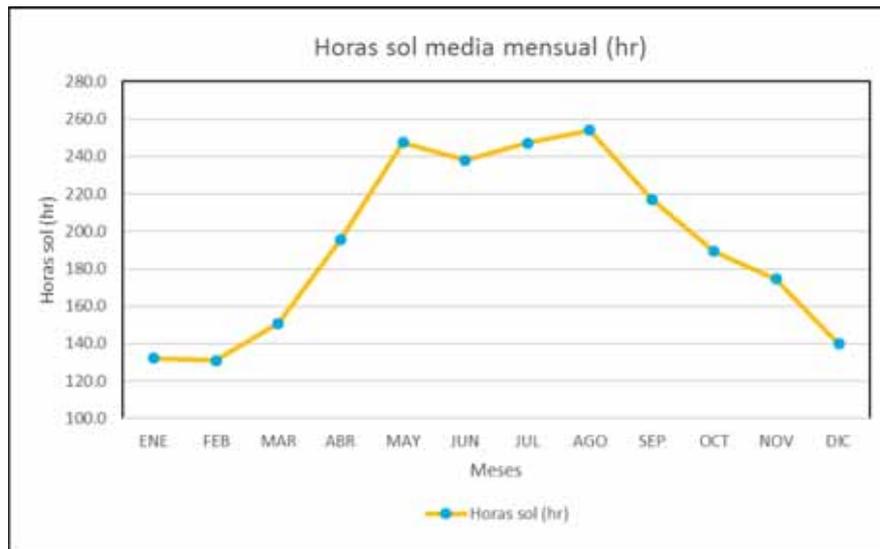


Gráfico 7: Horas sol media mensual para la zona de estudio.

FUENTE: Elaboración propia.

7.3.5. EVAPORACION (MM)

La mayor evaporación media mensual, se presenta en el mes de agosto con 118.9 mm, la menor evaporación se presenta en el mes de febrero con 74.6 mm, 1243 mm es la evaporación media anual. Estos resultados se obtuvieron procesando la información de la estación Cay Cay. En el siguiente cuadro y gráfico se muestra valores mensuales de evaporación.

REGISTRO DE EVAPORACION MENSUAL (mm)												
ESTACION	CAY CAY			Latitud	13	36	1	S		Region	:	Cusco
TIPO	Convencional			Longitud	71	42	1	W		Provincia	:	Paucartambo
CODIGO	113122			Altitud	:	3150	msnm			Distrito	:	Caicay
Año/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	80.9	63.9	58.1	112.3	124.4	119.6	123.8	118.2	132.0	129.1	122.2	116.4
2001	108.1	68.8	76.3	98.9	90.6	114.0	111.2	131.2	125.5	108.1	102.8	106.1
2002	100.4	70.1	85.3	93.3	102.3	106.8	91.6	110.0	111.5	110.5	111.9	100.5
2003	102.6	69.9	92.4	115.1	126.5	117.6	113.4	108.4	122.9	118.9	114.4	89.3
2004	88.0	82.7	83.5	108.1	107.7	93.5	102.5	119.0	108.7	119.3	100.6	109.2
2005	98.7	75.8	95.0	94.9	120.9	112.8	112.9	125.9	116.9	119.3	76.0	96.6
2006	80.8	91.2	80.7	106.6	103.8	76.1	107.5	118.3	123.4	105.1	92.2	88.6
2007	105.1	80.2	88.3	92.7	114.5	130.6	114.3	119.2	121.8	118.5	122.4	96.2
2008	83.6	74.3	94.5	103.3	103	114.5	120.9	103.3	116.3	108.5	101.8	80.4
2009	84	72.7	100	97.9	118.7	124	114.5	112.8	102.6	109.7	119.1	85.9
2010	72.5	70.7	86.1	124.9	107.5	118.3	129	142.1	111.3	102.8	99.8	87.4
MEDIA	91.3	74.6	85.5	104.4	110.9	111.6	112.9	118.9	117.5	113.6	105.7	96.1
TOTAL	1243.0											

Tabla N°30: Evaporación media mensual (mm) para la zona de estudio.

FUENTE: Elaboración propia.

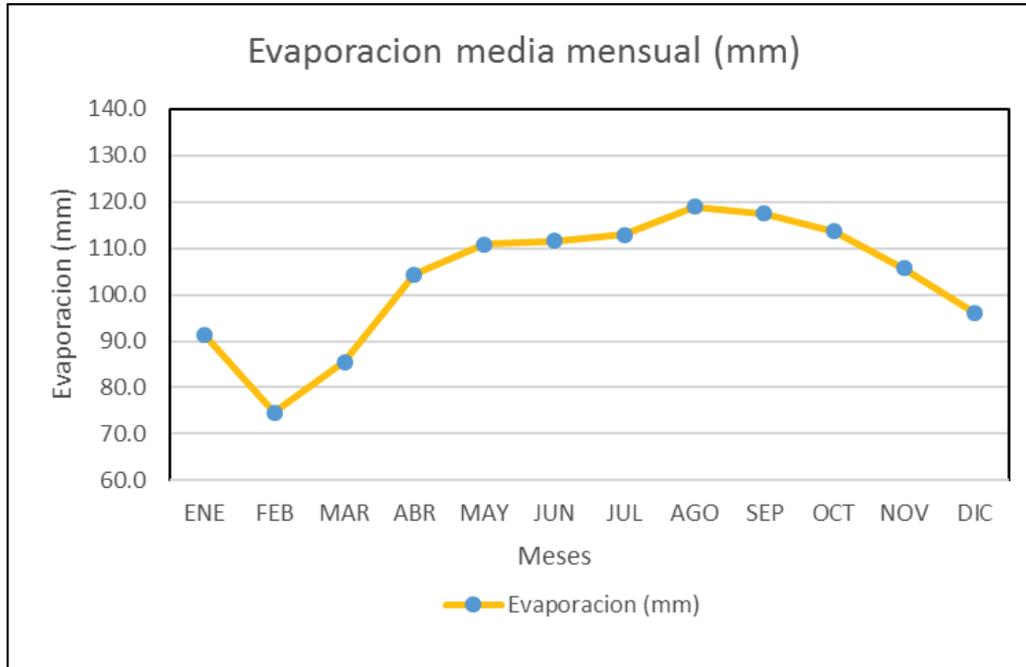


Grafico 8: Evaporación media mensual (mm) para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.

7.3.6. EVAPOTRANSPIRACION (MM)

Para obtener la evapotranspiración se utilizó el método de Hargreaves III modificado. La mayor evapotranspiración media mensual, se presenta en el mes de noviembre con 133.6 mm, la menor evapotranspiración se presenta en el mes de junio con 97.7 mm, la evapotranspiración media anual es 1415.9 mm. Estos resultados se obtuvieron procesando principalmente la información de temperatura media mensual, horas sol y otros. En el siguiente cuadro se muestra valores mensuales de evapotranspiración.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



HARGREAVES III MODIFICADO													
PARAMETRO										Altitud:	3122	msnm	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Temperatura media Mensual (t °C)	14.8	15.0	14.6	13.9	12.3	10.9	10.9	12.4	14.2	14.6	15.5	15.0	13.7
Temperatura media Mensual (t °F)	58.6	59.0	58.3	57.1	54.2	51.6	51.7	54.3	57.5	58.2	59.9	59.1	56.6
Numero de Horas de sol Mensual (SM)	132.2	131.0	150.7	195.4	247.5	237.9	247.3	254.2	217.2	189.2	174.6	139.9	2,317.0
Numero de horas de sol maxima media diaria probable (DL)	12.8	12.5	12.2	11.8	11.5	11.3	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	12.9	145.2
Numero de días del mes (DM)	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	365.0
Porcentaje de horas de sol mensual referido al total probable mensual (S)	33.3	37.3	39.9	55.2	69.7	70.3	70.1	70.3	60.3	49.0	45.7	34.9	636.1
Radiación solar diaria al tope de la atmosfera en equivalente de evaporación en mm (RMD)	16.7	16.4	15.3	13.8	12.2	11.3	11.7	13.0	14.5	15.8	16.5	16.5	173.5
Radiación solar mensual al tope de la atmosfera en equivalente de evaporación en mm (RMM)	517.1	458.7	474.9	412.7	377.5	338.3	362.0	401.7	436.1	489.8	494.4	511.5	5,274.7
Radiación solar mensual en su equivalente de evaporación en mm (RSM)	223.7	210.1	225.1	229.9	236.3	212.7	227.3	252.7	254.1	257.3	250.6	226.8	2,806.5
Factor de corrección por altura	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Evapotranspiración Potencial Mensual y Anual en mm (ETP)	116.7	110.5	116.9	116.9	114.1	97.7	104.6	122.1	130.1	133.4	133.6	119.2	1,415.9

Tabla N°31: Evapotranspiración media mensual para la zona de estudio.
FUENTE: Elaboración propia.

7.3.7. PRECIPITACION (MM)

Se dispusieron de 2 estaciones debido a la cercanía a la zona de estudio, estas estaciones corresponden a Sicuani y Pomacanchi.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



7.3.7.1. PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES

PRECIPITACION MENSUAL TOTAL (mm)-ESTACION POMACANCHI													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1985	28.00	115.00	63.00	98.00	76.00	13.00	0.00	5.00	55.00	36.00	141.00	130.00	760.00
1986	103.00	135.00	76.00	43.00	5.00	0.00	0.00	1.00	46.00	25.00	39.00	202.00	675.00
1993	201.00	122.00	99.00	30.00	0.00	2.00	6.00	12.00	15.00	87.00	78.00	181.00	833.00
1994	164.00	150.00	122.00	45.00	5.00	0.00	0.00	1.00	25.00	67.00	84.00	113.00	776.00
1995	127.00	104.00	120.00	34.00	13.00	0.00	5.00	1.00	33.00	9.00	125.00	154.00	725.00
1996	194.00	84.00	110.00	52.00	15.00	0.00	0.00	26.00	31.00	104.00	75.00	150.00	841.00
1997		188.00	184.00	19.00	14.00	0.00	5.00	12.00	7.00	80.00	130.00	76.00	715.00
1998	134.00	124.00	130.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	69.00	101.00	111.00	687.00
1999	165.00	125.00	76.00	86.00	8.00	0.00	1.00	0.00	14.00	29.00	36.00	91.00	631.00
2000	103.00	168.00	96.00	24.00	5.00	13.00	4.00	14.00	20.00	82.00	37.00	127.00	693.00
2001	230.00	149.00	165.00	40.00	12.00	3.00	19.00	12.00	15.00	76.00	71.00	184.00	976.00
2002	112.00	220.00	158.00	59.00	11.00	0.00	23.00	14.00	56.00	57.00	97.00	109.00	916.00
2003	151.00	155.00	142.00	60.00	15.00	7.00	0.00	2.00	13.00	57.00	44.00	98.00	744.00
2004	241.00	162.00	70.00	42.00	23.00	9.00	6.00	13.00	61.00	49.00	57.00	152.00	885.00
2005	75.00	116.00	134.00	43.00	2.00	0.00	0.00	3.00	2.00	65.00	92.00	87.00	619.00
2006	144.00	219.00	87.00	130.00	1.00	9.00	0.00	7.00	4.00	70.00	89.00	129.00	889.00
2007	158.00	160.00	208.00	68.00	11.00	0.00	3.00	0.00	3.00	44.00	88.00	87.00	830.00
2008	140.00	125.00	115.00	29.00	10.00	2.00	0.00	2.00	11.00	68.00	70.00	111.00	683.00
2009	118.00	94.00	68.00	34.00	5.00	0.00	12.00	0.00	8.00	14.00	265.00	97.00	715.00
2010	272.00	73.00	106.00	48.00	1.00	0.00	0.00	11.00	4.00	51.00	33.00	140.00	739.00
2015	190.20	129.80	151.00	71.40	18.90	5.00	11.20	7.90	6.80	32.90	115.30	142.30	882.70
Prom.	152.51	138.94	118.10	51.07	11.95	3.00	4.53	6.85	20.51	55.80	88.92	127.20	772.13
Máx.	272.00	220.00	208.00	130.00	76.00	13.00	23.00	26.00	61.00	104.00	265.00	202.00	976.00
Mín.	28.00	73.00	63.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	9.00	33.00	76.00	619.00

Tabla N°32: Precipitaciones totales mensuales (mm)-Estación Pomacanchi.
FUENTE: SENAMHI.

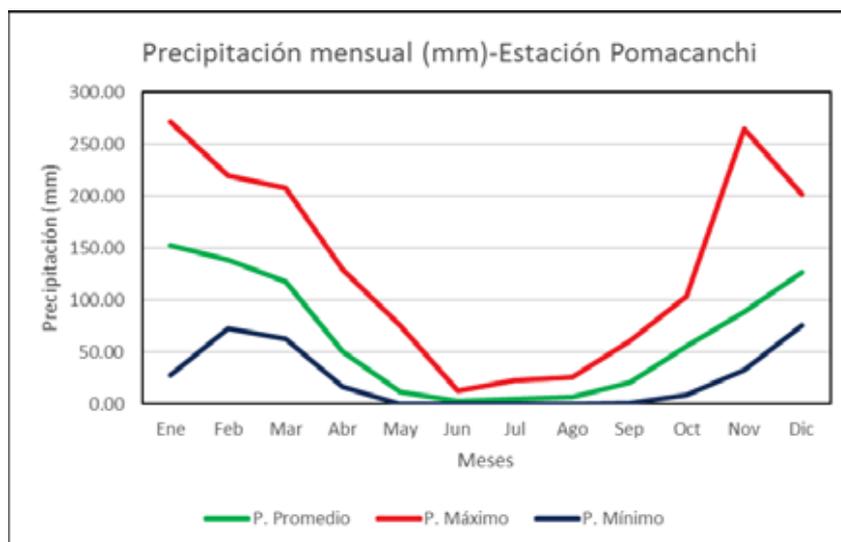


gráfico N°9: precipitación mensual total (mm)-Estación Pomacanchi.
FUENTE: Elaboración propia.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



PRECIPITACION MENSUAL TOTAL (mm)-ESTACION SICUANI													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	95.40	101.00	112.00	50.00	31.80	0.00	2.50	3.20	32.20	25.80	85.10	50.00	589.00
1965	43.20	89.70	119.00	51.70	2.10	0.00	2.40	3.70	52.50	66.10	61.00	179.70	671.10
1966	81.60	118.20	94.20	6.00	35.00	0.00	0.00	2.30	38.90	148.80	106.00	121.00	752.00
1967	63.40	117.20	155.90	33.00	8.20	1.40	21.40	28.70	40.40	49.00	46.80	129.50	694.90
1968	118.20	171.30	272.90	55.60	0.00	0.00	16.00	28.20	21.40	62.10	149.30	64.20	959.20
1969	132.50	127.00	140.40	67.00	3.60	2.80	8.00	1.60	18.00	78.20	76.20	80.80	736.10
1970	172.30	139.50	141.30	50.30	5.60	0.00	0.00	0.00	20.40	48.30	46.60	185.40	809.70
1971	189.50	162.00	66.10	66.90	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	71.60	565.90
1972	154.20	76.50	95.60	58.10	6.30	0.00	15.90	29.60	0.00	8.00	35.20	94.40	573.80
1973	140.70	136.20	168.00	82.50	3.10	0.00	2.00	11.80	5.90	27.00	47.60	96.20	721.00
1974	168.50	223.30	91.10	25.10	0.80	6.50	0.00	16.00	24.50	13.00	51.50		620.30
1975	157.00	103.90	134.90	39.40	20.30	0.70	0.00	8.40	32.10	24.40	62.40	154.20	737.70
1976	161.90	68.70	130.40	27.50	11.40	6.70	5.10	9.60	17.90	9.30	29.00	86.30	563.80
1977	70.50	179.90	87.00	33.90	7.20	0.00	0.80	0.00	11.00	30.70	87.30	88.10	596.40
1978	214.60	71.30	183.40	83.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.50	24.20	73.40	37.90	713.30
1979	66.80	50.50	64.80	31.80	4.40	0.00	0.90	19.80	27.60	0.80	14.30	31.70	313.40
1980	86.60	49.30	26.10	0.00	15.60	18.60	19.90	21.60	1.60	65.90	60.20	82.60	448.00
1981	130.10	110.90	102.80	0.80	0.00	6.90	0.00	19.20	0.00	6.00	8.60	43.30	428.60
1982	66.30	26.30	48.40	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	24.00	58.10	22.80	8.60	255.40
1983	41.20	0.00	31.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.80	1.00	0.00	63.10	151.70
1993	163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10	779.90
1994	127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40	763.10
1995	107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00	677.30
1996	121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70	715.80
1997	226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60	905.70
1998	102.30	131.00	97.80	15.10	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70	612.00
1999	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20	703.10
2000	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60	660.00
2001	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40	948.40
2002	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50	1037.80
2003	129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50	705.70
2004	162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40	784.30
2005	66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40	641.80
2006	151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00	765.10
2007	115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	72.40	661.80
2008	137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00	716.50
2009	89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	6.20	0.00	11.10	32.20	129.00	121.10	659.10
2010	161.00	95.80	118.00	48.40	2.60	0.00	0.00	5.70	2.40	62.80	46.60	125.10	668.40
Prom.	127.03	122.20	119.72	46.14	8.98	2.05	4.56	7.92	19.65	45.16	65.65	99.53	665.98
Máx.	226.70	223.30	272.90	126.40	35.00	18.60	26.10	29.60	52.50	148.80	149.30	185.40	1037.80
Mín.	41.20	0.00	26.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60	151.70

Tabla N°33: Precipitaciones totales mensuales (mm)-Estación Sicuani.

FUENTE: SENAMHI.

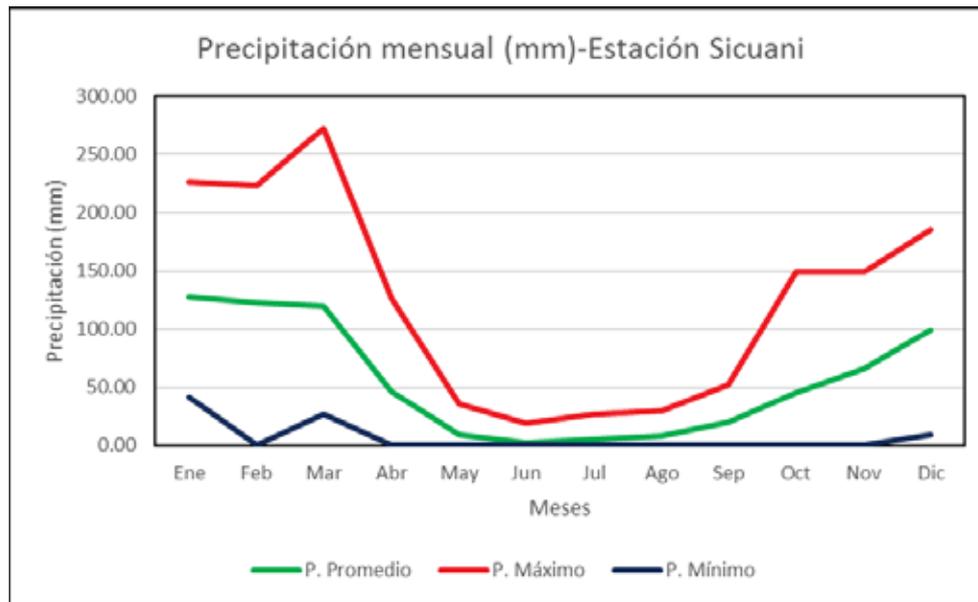


Gráfico 10: precipitación mensual total (mm)-Estación Sicuani.
FUENTE: Elaboración propia.

En ambas estaciones se muestran que las mayores precipitaciones se dan durante los meses de octubre y abril, las menores precipitaciones se presentan entre los meses de mayo a septiembre. Las máximas precipitaciones mensuales superan los 200 mm y las mínimas tienden a 0 mm. La estación Sicuani muestra una precipitación media anual de 665.98 mm, mientras la estación Pomacanchi muestra 772.13 mm.

7.3.7.2. ANALISIS DE CONSISTENCIA

Se realizó un análisis de consistencia para la información adquirida, correspondiente a la estación Sicuani y Pomacanchi. Este análisis permite detectar y corregir errores sistemáticos de no-homogeneidad e inconsistencia en una serie hidrometeorológica, así obtener una serie homogénea, consistente y confiable, libre de cualquier error significativo que puedan producir resultados altamente sesgados. El análisis de consistencia se realizó utilizando los siguientes métodos:

- ❖ Análisis visual gráfico.
- ❖ Análisis de saltos.
- ❖ Análisis de tendencias.



7.3.7.2.1. ANALISIS VISUAL GRAFICO

Las inconsistencias y la no homogeneidad se ponen de manifiesto con la presencia de saltos y/o tendencias en las series hidrológicas, por lo que planteando los valores puede observarse si ocurre alguna de estas circunstancias.

En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las ordenadas los valores de la serie y en las abscisas el tiempo (años, meses, días, etc.). Este gráfico sirve para analizar la consistencia información hidrológica en forma visual, e indicar el período o períodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto errores sistemáticos.

Las siguientes figuras muestran la variación de la precipitación total mensual de la estación Sicuani y Pomacanchi en el periodo estudiado.

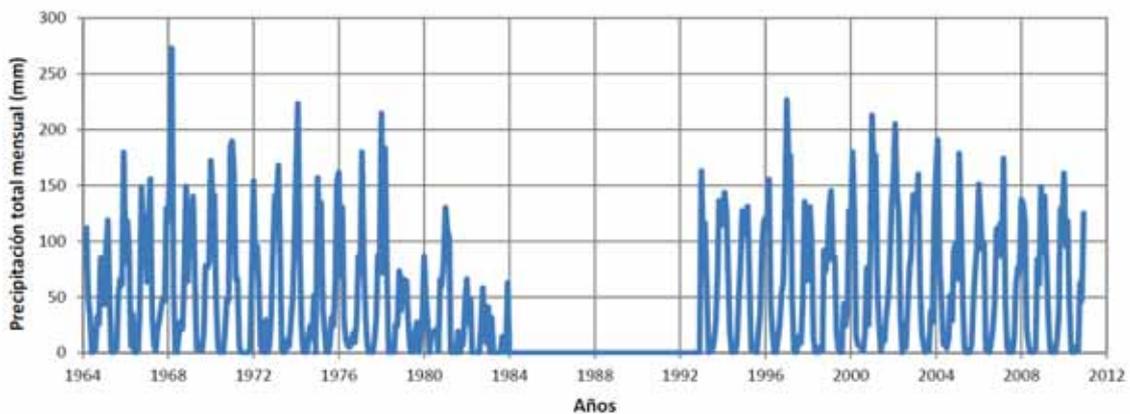


Gráfico 11: Análisis visual de la serie, precipitación total mensual de la estación Sicuani.
FUENTE: Elaboración propia.

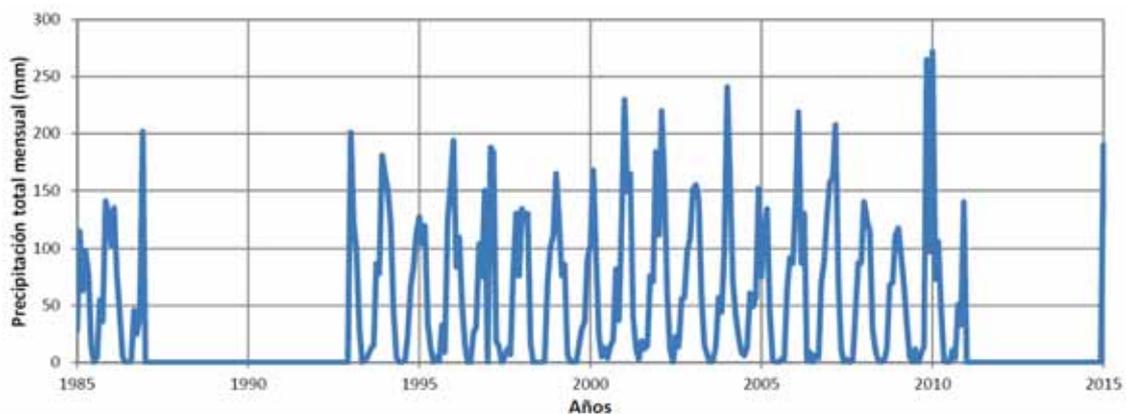


Gráfico 12: Análisis visual de la serie, precipitación total mensual de la estación Pomacanchi.



FUENTE: Elaboración propia.

Del análisis visual se determinó que no existen saltos, sin embargo, con la finalidad de desarrollar los análisis estadísticos de saltos y tendencias se dividirá la serie en tramos tal como se indica en el siguiente cuadro:

SUBTRAMOS DE REGISTRO		
ESTACIÓN	TRAMO 1	TRAMO 2
Sicuani	1964-1983	1984-2010
Pomacanchi	1985-2000	2001-2015

Tabla N°34: División en subtramos de los registros.

FUENTE: Elaboración propia.

7.3.7.2.2. ANALISIS DE SALTOS

➤ CONSISTENCIA EN LA MEDIA

Se calcularon los parámetros estadísticos de la media (X_p) y desviación estándar (S) de cada serie. Luego se calcularon los siguientes parámetros:

$$t_c = \frac{|X_{P1} - X_{P2}|}{S_d} ; S_p = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} ; S_d = S_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}$$

Ecuación 1: Ecuaciones para el cálculo de la media y desviación estándar para cada serie.

FUENTE: (CHEREQUE M)

Donde:

- t_c : “t” calculado
- X_p : media del tramo.
- S : desviación estándar del tramo.
- N : cantidad de datos del tramo.

De las tablas estadísticas obtenemos el valor de t_c , considerando:

- Nivel de significación: $\alpha=5\%$
- Grados de libertad: N_1+N_2

El criterio de decisión que se aplica es:

$t_c < t$: La información es consistente en la media para el α considerado.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



$t_c > t_t$: La información no es consistente en la media para el α considerado.

Para la serie estudiada se tienen los siguientes resultados:

ESTACION	TRAMO	Xp	S	N
Sicuari	1	49.8	55.24	239
	2	62.06	58.12	216
Pomacanchi	1	61.65	58.86	119
	2	67.26	67.14	132

Tabla N°35: Parámetros estadísticos de las series Tramo 01 y Tramo 02
FUENTE: (CONSORCIO CHAKAKUNA QOSQO, 2017)

Los parámetros calculados para determinar la consistencia se muestran a continuación:

ESTACIÓN	Sp	Sd	tc	GL	tt
Sicuari	56.62	5.32	2.31	453	2.33
Pomacanchi	63.35	8.01	0.7	249	1.65

Tabla N°36: Parámetros para el análisis de la consistencia de la serie.
FUENTE: (CONSORCIO CHAKAKUNA QOSQO, 2017)

Como el valor t_c es menor que el valor t_t en ambas estaciones, entonces las series son consistentes para un valor de significancia de 5%.

➤ **CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR**

A partir de los valores de desviación estándar se calculó el estadístico F de Fisher, calculando F_c , según la siguiente relación:

$$S_1^2 > S_2^2 \quad F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad ; \quad S_2^2 > S_1^2 \quad F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2}$$

Ecuación 2: Ecuaciones para el cálculo del estadístico F de Fisher.
FUENTE: (CHEREQUE M)

El valor de F teórico (F_t) lo hallamos de las tablas estadísticas de F de Fisher, considerando:

- Nivel de significación: $\alpha=5\%$
- Grados de libertad: (# datos del numerador menos 1, # datos del denominador menos 1)

El criterio de decisión que se aplica es el siguiente:

$F_c < F_t$: La información es consistente en la desviación estándar para el α considerado.



Fc>Ft: La información no es consistente en la desviación estándar para el α considerado.

De las series antes presentadas se obtuvo lo siguiente:

ESTACIÓN	S ² 1	S ² 2	Fc	GL NUM.	GL DEN.	Ft
Sicuari	55.24	58.12	1.11	215	238	1.2
Pomacanchi	58.86	67.14	1.3	131	118	1.35

Tabla N°37: Parámetros obtenidos para el análisis de consistencia en la desviación estándar.

FUENTE: (CONSORCIO CHAKAKUNA QOSQO, 2017)

Como el valor de Fc es menor que el valor de Ft, en ambas estaciones, entonces las series son consistentes para un valor de significancia de 5%.

7.3.7.2.3. ANALISIS DE TENDENCIAS

La información que se analizó por tendencia debe estar libre de saltos tanto en la media como en la desviación estándar.

➤ TENDENCIA EN LA MEDIA “Tm”

Se puede expresar como:

$$T_{mt} = A_m + B_m t \quad : \quad \text{Forma lineal}$$

Ecuación 3: Ecuación lineal de la tendencia *media*.

FUENTE: (CHEREQUE M)

Para determinar si la tendencia es significativa en la media se analiza el coeficiente de correlación “r” según el estadístico “t” de Student, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$t_c = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Ecuación 4: Ecuación para determinar si la tendencia es significativa.

FUENTE: (CHEREQUE M)

- t_c : estadístico calculado “t” Student.
- r: coeficiente de correlación.
- N: número de datos analizados.

El coeficiente de correlación (r) es una medida de la intensidad de la relación lineal entre dos variables, los valores que puede tomar este coeficiente varían entre -1 y 1. Si r toma valores cercanos a -1 la correlación es fuerte e inversa, si toma valores cercanos a 1 la



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



correlación es fuerte y directa, y si toma valores cercanos a 0 la correlación es débil. El coeficiente de correlación (r) se determina por el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas de ambas variables.

$$r = \frac{\sigma_{tP}}{\sigma_t \sigma_P} = \frac{\frac{\sum tP}{N} - \frac{\sum t}{N} * \frac{\sum P}{N}}{\sqrt{\frac{\sum t^2}{N} - \left(\frac{\sum t}{N}\right)^2} * \sqrt{\frac{\sum P^2}{N} - \left(\frac{\sum P}{N}\right)^2}}$$

Ecuación 5: Ecuación para la obtención del coeficiente de correlación.
FUENTE: (CHEREQUE M)

- r: coeficiente de correlación.
- σ_{tP} : covarianza de las variables.
- σ_t : desviación estándar de la variable t.
- σ_P : desviación estándar de la variable P.
- N: número de datos analizados.
- t: indica el orden de análisis de P, según su tiempo de registro y varia de 1 hasta N (t=1, 2, 3,...N).
- P: variable correspondiente a la precipitación ocurrida para el orden t.

El valor de t_t se obtuvo de la distribución “t” de Student con:

- Nivel de significación: $\alpha=5\%$
- Grados de libertad: N-2

Ahora para el criterio de decisión se considera lo siguiente:

$t_c < t_t$: La tendencia en la media no es significativa para el α considerado.

$t_c > t_t$: La tendencia en la media es significativa para el α considerado, se debe eliminar la tendencia.

ESTACIÓN	Am	Bm	r	N	tc	tt
Sicuari	53.44	0.0096	0.022	455	0.47	2.33
Pomacanchi	64.198	0.0032	0.0037	251	0.06	1.65

Tabla N°38: Parámetros obtenidos para el análisis de tendencia en la media T_m .
FUENTE: (CONSORCIO CHAKAKUNA QOSQO, 2017)

Del análisis $t_c < t_t$, por lo tanto, la tendencia en la media no es significativa.



➤ TENDENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR

Se puede expresar como:

$$T_{st} = A_s + B_s t \quad : \quad \text{Forma lineal}$$

Ecuación 6: Ecuación lineal de la tendencia en la desviación estándar.

FUENTE: (CHEREQUE M)

Para determinar si la tendencia es significativa en la media se analiza el coeficiente de correlación “r” según el estadístico “t” de Student, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$t_c = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Ecuación 7: Ecuación para el cálculo del tc estadístico.

FUENTE: (CHEREQUE M)

- t_c : estadístico calculado “t” Student.
- r: coeficiente de correlación.
- N: número de datos analizados.

El coeficiente de correlación (r) es una medida de la intensidad de la relación lineal entre dos variables, los valores que puede tomar este coeficiente varían entre -1 y 1. Si r toma valores cercanos a -1 la correlación es fuerte e inversa, si toma valores cercanos a 1 la correlación es fuerte y directa, y si toma valores cercanos a 0 la correlación es débil. El coeficiente de correlación (r) se determina por el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas de ambas variables.

$$r = \frac{\sigma_{tSp}}{\sigma_t \sigma_{Sp}} = \frac{\frac{\sum tSp}{N} - \frac{\sum t}{N} * \frac{\sum Sp}{N}}{\sqrt{\frac{\sum t^2}{N} - \left(\frac{\sum t}{N}\right)^2} * \sqrt{\frac{\sum Sp^2}{N} - \left(\frac{\sum Sp}{N}\right)^2}}$$

Ecuación 8: Ecuación para la obtención del coeficiente de correlación.

FUENTE: (CHEREQUE M)

- r: coeficiente de correlación.
- σ_{tSp} : covarianza de las variables.
- σ_t : desviación estándar de la variable t.
- σ_{Sp} : desviación estándar de la variable P.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



- N: número de datos analizados.
- t: indica el orden de análisis de Sp, según su periodo y varia de 1 hasta N (t=1, 2, 3,...N).
- Sp: variable correspondiente la dispersión de cada periodo t.

El valor “tt” se obtuvo de la distribución de “t” de Student con:

- Nivel de significación: $\alpha=5\%$
- Grados de libertad: N-2

Ahora para el criterio de decisión se considera lo siguiente:

$t_c < t_t$: La tendencia en la media no es significativa para el α considerado.

$t_c > t_t$: La tendencia en la media es significativa para el α considerado, se debe eliminar la tendencia.

Para aplicar esta prueba, considerando datos mensuales se realizó lo siguiente:

- La serie sin tendencia en la media, se divide en periodos anuales.
- Se calculó la dispersión de cada periodo anual (Sp).
- Para el análisis se ordena la información en función del tiempo y se calcula la recta de regresión lineal “t” vs “Sp”.

ESTACIÓN	As	Bs	r	N	tc	tt
Sicuaní	54.587	0.0587	0.047	38	0.28	1.68
Pomacanchi	58.297	0.593	0.389	21	1.84	2.09

*Tabla N°39: Parámetros obtenidos para el análisis de tendencias en la desviación estándar.
FUENTE: (CONSORCIO CHAKAKUNA QOSQO, 2017)*

Del análisis $t_c < t_t$, por lo tanto, la tendencia en la desviación estándar no es significativa.

7.3.7.3. PRECIPITACION (MM) EN LA ZONA DE ESTUDIO

Ya hecho el análisis de consistencia, mediante el método de análisis de regionalización (precipitación vs altitud), se generó la precipitación media mensual y anual para la zona de estudio, indicando que en la zona de estudio se genera una precipitación media anual de 582.31 mm, siendo los meses lluviosos de enero a marzo y junio y julio los meses menos lluviosos.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm), PARA LA ZONA DE ESTUDIO													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PP	107.19	109.16	120.99	42.30	6.68	1.31	4.58	8.75	18.97	36.87	47.53	77.98	582.31

Tabla N°40: Precipitación media mensual y anual para la zona de estudio.

FUENTE: Elaboración propia.

7.3.8. PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS (MM)

A continuación, se muestra el registro de precipitaciones máximas de 24 horas (mm) por año, medidos en cada estación.

AÑO	Pmáx 24h (mm)	
	Sicuaní	Pomacanchi
1993	30.4	42
1994	24.5	59
1995	27	34
1996	40.6	31
1997	40.5	29
1998	28.8	27
1999	24.8	27.6
2000	25.8	27.5
2001	36	39.8
2002	34.6	45.1
2003	30.4	29.5
2004	34.1	29.8
2005	44.4	28.5
2006	29.8	38.5
2007	28.8	40.1
2008	31.3	26.3
2009	20	32.7
2010	24.7	39.4
2011	32.5	27.6
2012	31.6	35.4
2013	25.8	31.8
2014	23.3	32.5
2015	28.5	33.3
2016	34.2	33.8

Tabla N°41: Registro de precipitaciones máximas de 24 horas por cada estación.

FUENTE: SENAMHI

Para el análisis de consistencia; en el análisis de consistencia visual se determinó que no existen saltos. En el análisis estadístico de saltos, tanto en la consistencia en la media y desviación estándar demuestran que las series con consistentes con un valor de significancia de 5%. En el análisis de tendencias, en la media la tendencia no es



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



significativa para ambas estaciones, en la desviación estándar la información analizada corresponde a series anuales por lo cual no se analiza este tipo de tendencia. Este tipo de tendencia se manifiesta si la información es mensual o diaria.

7.4. PERIODO DE RETORNO

Para determinar el periodo de retorno es necesario considerar la probabilidad de que ocurra un evento extraordinario, la vida útil y el riesgo de la falla que tendrá la estructura. En el siguiente cuadro se muestra el valor de T, para varios riesgos permisibles R y para la vida útil “n” de la obra.

RIESGO ADMISIBLE R	VIDA UTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.1	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.2	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.5	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Tabla N°42: 42: Valores de retorno para T (años).
FUENTE: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)

Según el Ministerio de transportes el riesgo admisible en una estructura tipo puente es 25 %, la vida útil de 40 años, con esos datos y usando el cuadro de valores de retorno (T), determinamos que el periodo de retorno será de 140 años, periodo al el cual se generó caudales de máximas avenidas.

Tipo de Obra	Riesgo Admisible (%)	Vida util (n)	Periodo de retorno (T)
Puente	25	40	140
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30	25	71
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	35	15	35
Subdrenes	40	15	30
Defensas ribereñas	25	40	140

Tabla N°43: Periodo de retorno para el diseño de obras.
FUENTE: (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)



7.5. ANALISIS DE FRECUENCIA DE PRECIPITACION MAXIMA

Para determinar la precipitación máxima en 24 horas en la zona de estudio, se realiza el análisis de frecuencia, que consiste en aplicar las distribuciones de frecuencia a la serie de precipitaciones máximas vistas anteriormente., el cual también nos ayudara a determinar caudales máximos o máximas avenidas para el punto de fundación del puente. Estas distribuciones seleccionadas son; Normal, Log Normal, Gumbel, Log Gumbel, Pearson III, Log Pearson III.

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm), PARA LA ZONA DE ESTUDIO							
T(años)	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	LOG - GUMBEL	PEARSON III	LOG - PEARSON III	PRECIPITACION MAXIMA
2	31.68	31.46	31.04	30.83	31.53	31.31	31.38
5	34.99	34.87	34.51	34.36	34.94	34.82	34.84
10	36.72	36.81	36.81	36.91	36.81	36.90	36.81
25	38.57	38.99	39.72	40.41	38.86	39.35	39.17
50	39.76	40.46	41.87	43.22	40.23	41.06	40.76
75	40.40	41.28	43.13	44.94	40.98	42.03	41.65
100	40.83	41.84	44.01	46.20	41.49	42.70	42.27
140	41.31	42.47	45.05	47.72	42.06	43.48	42.98
150	41.41	42.60	45.26	48.03	42.18	43.64	43.12
200	41.81	43.13	46.14	49.38	42.65	44.29	43.71
300	42.35	43.87	47.39	51.33	43.31	45.20	44.53
400	42.72	44.37	48.27	52.77	43.76	45.84	45.10
500	43.00	44.76	48.96	53.90	44.10	46.33	45.55
1000	43.83	45.94	51.08	57.60	45.13	47.84	46.89

Tabla N°44: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

FUENTE: Elaboración propia.

La precipitación máxima durante 24 horas, en la zona de estudio, para un periodo de retorno de 140 años, es de 42.98 mm y para 500 años es 45.55 mm.

7.6. CAUDAL MAXIMO

Al realizar el cálculo de caudal de máxima avenida para un periodo de retorno de 140 años se obtuvo 815.20 m³/s, para un periodo de retorno de 500 años se obtuvo 1190.70 m³/s de caudal máximo. En el caso de transporte de sedimentos para un periodo de retorno de 140 años, se da 0.50 m³/s, para un periodo de retorno de 500 años, 0.70 m³/s.



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



Periodo de retorno (años)	Q diseño (m ³ /s)	Q solido (m ³ /s)
140	815.2	0.5
500	1190.7	0.7

Tabla N°45: Caudales de diseño.
FUENTE: Elaboración propia.

8. CAPITULO VI. HIDROGEOLOGIA

La hidrogeología estudia el origen y formación de las aguas subterráneas. Para la zona de estudio se realizó en base al plano topográfico y geológico, considerando la influencia de la cuenca hidrogeológica, como apoyo se utilizó las imágenes satelitales.

En la zona de estudio se pudo identificar las siguientes unidades hidrogeológicas: Acuífero (acuífero fisurado sedimentario, acuífero poroso no consolidado fluvial, acuífero volcánico sedimentario), Acuitardo (Acuitardo no consolidado coluvial, acuitardo no consolidado aluvial y acuitardo sedimentario maras) y Acuicludo metamórfico.

8.1. ACUIFERO

son formaciones geológicas que tienen la capacidad de circular agua a través de sus poros, fisuras y grietas.

8.1.1. Acuífero Fisurado sedimentario

Se ubica a 8 Km al oeste del puente Parocan. Constituida de areniscas cuarzosas fluviales de granos bien redondeadas y con laminaciones oblicuas de la Formación Huancané. Tiene una alta permeabilidad primaria y una porosidad secundaria por el fracturamiento. Sin embargo, las areniscas son de poco espesor tienen buena permeabilidad con moderada a buena productividad.

8.1.2. Acuífero poroso no consolidado fluvial

se ubica en el cauce del río Vilcanota por donde se ubica el puente Parocan. constituida de arenas gravosas en bancos y terrazas de los depósitos fluviales. Hidrológicamente son acuíferos continuos, de mediana profundidad, conformada por materiales porosos no consolidados de alta potencialidad.

8.1.3. Acuífero volcánico sedimentario

Se ubica a 10 Km noroeste del puente Parocan. Constituida de coladas, aglomerados y brechas volcánicas de basalto, basalto andesíticos y riolitas de color rojo violáceo de la Formación Pachatusan. Hidrológicamente son acuíferos de alta permeabilidad, tiene extensión regional y alta productividad.



8.2. ACUITARDO

Son rocas o suelos que almacenan y transmiten lentamente el agua en su interior debido a la baja permeabilidad.

8.2.1. Acuitardo no consolidado coluvial

Se ubica a 4 Km al sur y a 9 Km al sur este del puente Parocán. Constituida de depósitos de pendiente, incluidos los deslizamientos de los depósitos coluviales. Hidrogeológicamente son acuitardo de escaso interés, en laderas, de mínimo espesor y volumen, de baja permeabilidad.

8.2.2. Acuitardo no consolidado Aluvial

Se ubica en las zonas de desfogue de las quebradas, con mayor volumen al norte a pocos metros del puente Parocan. Conformada de conos aluviales y de deyección compuesto de gravas en matriz limo arenosa de los depósitos Aluviales. Materiales de interés hidrogeológico puntual, impermeables por la matriz fina, de baja permeabilidad.

8.2.3. Acuitardo sedimentario Maras

De ubica a 5 Km al oeste del puente Parocan. Litológicamente está conformada por yesos, lutitas lacustres de color rojo y verde, con algunos niveles de calizas marinas de la Formación Maras. Materiales finos de alta porosidad y baja a mala permeabilidad. Materiales de escaso interés hidrogeológico, presentan extensión regional. Los yesos tienen comportamiento de acuifugos.

8.3. ACUICLUDO

Son las formaciones capaces de almacenar agua incluso hasta llegar al punto de saturación, pero no la transmite.

8.3.1. Acuicludo metamórfico

Se ubica a 2 Km al oeste y a 3 Km al este del puente Parocán. Litológicamente está conformado por pizarras y esquistos pizarrosos de color gris y negro de la Formación Ananea, Intercalados por bancos delgados de cuarcitas, Materiales de baja permeabilidad y escaso interés hidrogeológico. Materiales con capacidad de almacenamiento de aguas subterráneas pero nula transmisibilidad, las escasas surgencias que se presentan están condicionados por los planos de falla o zonas de intenso fracturamiento.



9. CAPITULO VII: GEOTECNIA

9.1. GENERALIDADES

El presente trabajo Técnico tiene por objeto realizar un Estudio de Suelos con Fines de Cimentación para el Proyecto “estudio geológico, geotécnico e Hidrológico para la ubicación del Puente Parocán –Distrito de Urcos-Provincia Quispicanchi – Cusco 2019”, cuyos parámetros de apreciación serán utilizados cuantitativamente para diseñar y construir las estructuras proyectadas del Puente; Por otra parte es necesario determinar las características físico-mecánicas de los estratos subyacentes que constituyen el terreno de fundación desde el nivel del terreno y en forma especial los estratos ubicados bajo el nivel de fundación y determinar su capacidad portante, así como la estratigrafía a través de la exploración de pozos a cielo abierto, para luego realizar las recomendaciones geotécnicas para el tipo y profundidad de cimentación según las condiciones de naturaleza del suelo.

9.2. PROSPECCION GEOTECNICA

9.2.1. PROSPECCION DE POZOS DE EXPLORACION POR CALICATA

9.2.1.1. UBICACIÓN DE CALICATAS

En la zona de estudio se realizó 02 calicatas en las zonas donde se proyecta colocar los estribos del puente proyectada Parocán, las calicatas se realizan para realizar estudios directos de las propiedades geomecánicas de los materiales que soportarán las cargas muertas, vivas y temporales al construirse dicho puente.

UBICACIÓN DE POZOS DE EXPLORACION - CALICATAS				
CODIGO	ZONA	COORDENADAS UTM (WGS-84)		Profundidad (m)
		ESTE	NORTE	
C-01	19L	214965.01	8487721.13	5.00
C-02		214958.03	8487767.06	5.50

Tabla N°46: Ubicación y profundidad de los pozos de exploración por calicata de la zona de estudio. Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**

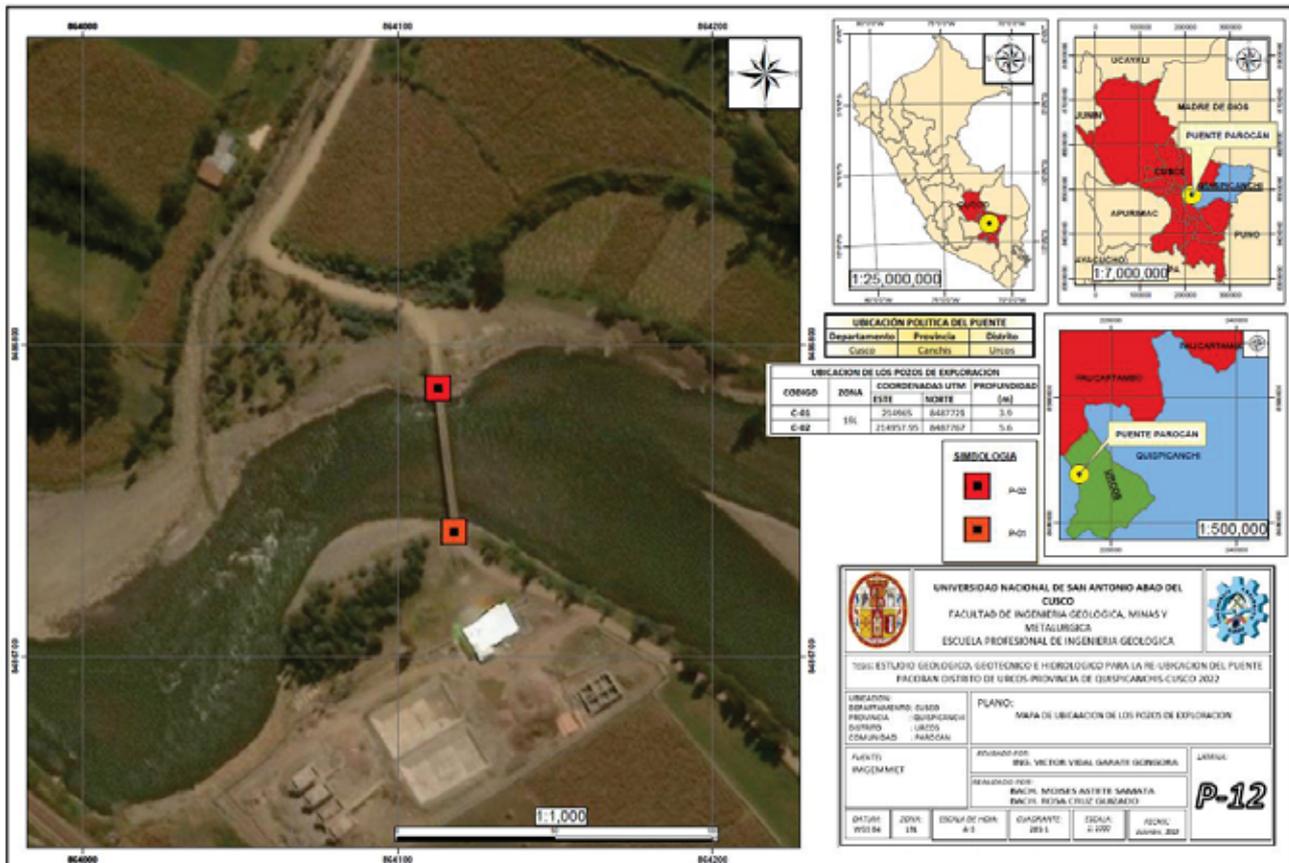


Figura N°40: Plano de ubicación de los pozos de exploración por calicatas para el emplazamiento de los estribos del Puente Parocán.
Fuente: Elaboración Propia

9.2.1.2. DESCRIPCION DE CALICATAS

La descripción de las calicatas o trincheras realizadas según la Norma Técnica ASTM D 420 son aplicables a todos los EMS, en los cuales sea posible su ejecución. Estos sondajes fueron ubicados de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de cimentación para la estructura; posteriormente se tomaron muestras representativas para los ensayos Químicos de Laboratorios, previamente se identificaron los suelos mediante procedimientos manuales de campo.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Fotografía N°15: excavación de los pozos de exploración o calicata con retroexcavadora para su posterior análisis lito-estratigráfico y caracterización del tipo de suelo.

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)

TABLA N 4				
Extracción y Transporte de Muestras				
Tipo de Muestra	Norma aplicable	Formas de Obtener y Transportar	Estado de la Muestra	Características
Muestra inalterada en bloque MIB	NTP 339.151 (ASTM D 4220) Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de muestras 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 alterada en bolsa de	NTP 339.151 (ASTM D 4220) prácticas normalizadas para la preservación y	Con bolsas de plástico.	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



plástico MAB	transporte de muestras de suelos.			
-----------------	--------------------------------------	--	--	--

*Tabla N°47: Norma de extracción y transporte de muestra
Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020)*

9.2.2. ENSAYOS DE CAMPO

Los trabajos de campo se realizaron en el lugar del puente proyectada Parocán, estos trabajos se realizan en dos puntos mencionadas anteriormente (C-01 y C-02).

9.2.2.1. ENSAYO DENSIDAD EN CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA EN C-02

El ensayo de densidad por el método de cono de arena se realiza según el reglamento del MTC E 117 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1556 y AASHTO T-191, este ensayo se realiza en la calicata C-02 a una profundidad de 5.60m, donde se obtiene una densidad natural húmeda de 2.02 gr/cm³ y una densidad natural seca de 1.72gr/cm³; a continuación, se muestra un cuadro del ensayo de cono de arena.

DATOS DE LA ARENA	
Tipo de Arena utilizada: Machupicchu	
Peso Unitario de la Arena (gr/cm ³) = 1.50 gr/cm ³	

DATOS DEL ENSAYO	
Número de Cono	1
Peso del Frasco + Cono antes de usarlo (gr)	6347.00
Peso del Frasco + Cono después de usarlo (gr)	3425.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1776.00
Peso de la Arena Utilizada, hueco + cono (gr)	2922.00
Peso de la Arena en el Cono (gr)	1601.05
Peso de la Arena en el Hueco (gr)	1320.95
Volumen del Hueco (cm ³)	878.05
Densidad Natural Húmeda (gr/cm ³)	2.02

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso de Capsula (gr)	14.88
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	103.73
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	90.29
Peso del Agua (gr)	13.44
Peso de la Muestra Seca (gr)	75.41
Contenido de Humedad	17.82



DENSIDAD NATURAL HUMEDA = 2.02 gr/cm³

DENSIDAD NATURAL SECA = 1.72 gr/cm³

9.2.3. ENSAYOS DE GABINETE

Una vez obtenida muestra de las dos calicatas (C-01, C-02), se llevaron al laboratorio Geotecnia INGS, en donde se realizan el análisis granulométrico por tamizado, límite líquido y límite plástico para determinar el porcentaje de materiales finos que presenta las calicatas, también se realiza la clasificación de suelos según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y AASTHO, seguidamente se realiza la capacidad de carga última y admisible según los métodos de Vesic; estos análisis permiten determinar el asentamiento inmediato de los estratos de material geológico que soportaran la estructura del Puente Parocán.

9.2.3.1. ENSAYOS EN LABORATORIO DE CALICATA C-01

9.2.3.1.1. *CONTENIDO DE HUMEDAD*

El contenido de agua o humedad representa el porcentaje de peso de agua en una determinada masa de suelo con respecto al peso de partículas sólidas. Para el ensayo del contenido de humedad se ha utilizado la norma MTC E 108 y ASTM D 2216 Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. El método de ensayo de contenido de humedad requiere de varias horas de secado, para obtener el contenido de agua generalmente el tiempo de secado es de 24h, en un horno a la temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener una masa constante; la pérdida de masa debido al secado se considera la masa del agua; el contenido de agua o contenido de humedad se calcula utilizando la masa del agua y la masa del espécimen seco obteniendo. En el ensayo se utilizaron 2 muestras, los resultados del contenido de humedad de la muestra 1 es de 9.76 w y de la muestra 2 es de 10.93 w como se muestra en el siguiente Tabla N 48:



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
CONTENIDO DE HUMEDAD
M T C - E 108

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA
LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN

Ubicación : Sector Parocan - Distrito de Urcos
Prov. Quispicanchis - CUSCO
Muestra Margen derecha
Solicitantes : Rosa Cruz Guizado
Moises Astete Samata
Fecha : Cusco, 10 de febrero del 2020

MUESTRA	1	2
PROFUNDIDAD (ms.)	-5.00	
Peso de Cápsula (gr.)	73.82	78.94
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr.)	198.95	192.52
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)	187.82	181.33
Peso del Suelo Humedo (gr.)	125.13	113.58
Peso del Suelo Seco (gr.)	114.00	102.39
Peso del Agua (gr.)	11.13	11.19
Contenido de Humedad (w.)	9.76	10.93

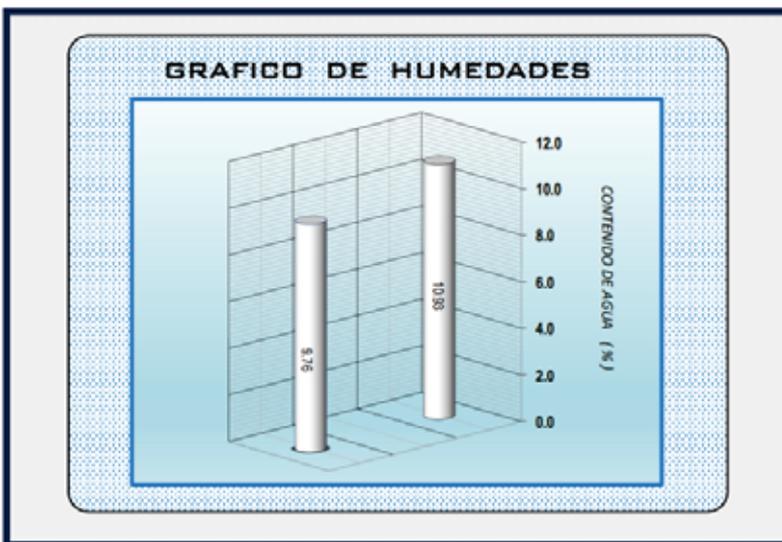


Tabla N°48: cálculo del contenido de humedad de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



9.2.3.1.2. PESOS UNITARIOS DE SUELOS

El peso unitario de un suelo es la relación entre el peso del suelo y su volumen, se aplica en suelos cohesivos no saturados, agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm (6''), no se recomienda para suelos en estado no saturado, suelos blandos o de fácil deformación ni para suelos que tengan agregados gruesos. El peso unitario es importante para la resolución de problemas de presiones, asentamientos y estabilidad de los suelos. Para este ensayo se utilizó la norma MTC E 203 y el NTP 400.017 método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados.

Para calcular el peso unitario compactado o suelto se utiliza la siguiente formula:

$$1) M = \frac{G-T}{V}$$

$$2) M = (G - T) \times F$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m³ (lb/pie³)

G = Peso del recipiente de medida mas el agregado en Kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en Kg (lb)

V = Volumen del recipiente de medida en m³ (pie³), y

F = Factor del recipiente de medida en m⁻³ (pie⁻³)

Para el ensayo se usaron 4 muestras para el peso unitario densificado y para el peso unitario suelto, teniendo los siguientes resultados: el promedio del peso unitario densificado es de 1.894 g/cm³ y el promedio para el peso unitario suelto es de 1.649 g/cm³ como se observa en el siguiente cuadro N.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESOS UNITARIOS DE SUELOS

NORMA MTC 203

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA

LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN

UBICACIÓN	: Sector Parocan - Distrito de Urcos
	Prov. Quispicanchis - CUSCO
MUESTRA	Margen derecha
SOLICITANTE	: Rosa Cruz Guizado
	Moises Astete Samata
FECHA	: Cusco, 10 de febrero del 2020

Diámetro (cm):	15.22	Altura (cm):	11.68	Volumen (c.c.):	2,125.02
------------------	-------	----------------	-------	-----------------	----------

Nº Muestra	gr.	1	2	3	4
Peso de Material + Molde	gr.	6,572	6,581	6,576	6,569
Peso de Molde	gr.	2549	2549	2549	2549
Peso de la muestra neta	gr.	4023	4032	4027	4020
Peso Unitario Densificado	gr./cm ³	1.893	1.897	1.895	1.892
PROMEDIO	gr./cm ³	1.894 g/cm³			

Nº Muestra	gr.	1	2	3	4
Peso de Material + Molde	gr.	6056	6052	6048	6,054
Peso de Molde	gr.	2,549	2,549	2,549	2,549
Peso de Material neto	gr.	3507	3503	3499	3,505
Peso Unitario Suelto	gr./cm ³	1.650	1.648	1.647	1.649
PROMEDIO	gr./cm ³	1.649 gr./cm³			

Tabla N°49: desarrollo del peso unitario del suelo de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



9.2.3.1.3.GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar la gravedad específica o densidad relativa del suelo que pasa por el tamiz de 4,75 mm mediante un picnometro de agua para esto se utiliza el metodo de ensayo MTC E 113; cuando el suelo contiene particulas mas grandes que la malla de 4,75 mm, el metododo de ensayo es MTC E 206 , la gravedad específica es la relacion que existe entre la densidad del suelo y la densidad del agua; este es usado para calcular la densidad de los solidos de suelo. Para este ensayo se utilizaron 2 muestras teniendo como resultado para la muestra 1 la gravedad específica es de 2.668 Grs/Cm³ y para la muestra 2 la gravedad específica es de 2.668 Grs/Cm³ teniendo como promedio de la gravedad específica de 2.67 Grs/Cm³ como se muestra en el siguiente cuadro

 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES			
GRAVEDAD ESPECIFICA SUELO MTC - E 113			
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN			
Ubicación	: Sector Parocan - Distrito de Urcos Prov. Quispicanchis - CUSCO		
Muestra	: Margen derecha		
Solicitantes	: Rosa Cruz Guizado Moises Astete Samata		
Fecha	: Cusco, 10 de febrero del 2020		
Número de Ensayo	Nº	1	2
Peso de la muestra	Grs	107.21	107.71
Peso matraz lleno con agua destilada	Grs	649.85	649.31
Peso matraz lleno con agua destilada + suelo	Grs	716.98	716.74
Factor de corrección según la temperatura	K	0.998	0.998
Gravedad Especifica del Suelos	Grs/cm³	2.668	2.668
Promedio de Gravedad Especifica los Sólidos del Suelo	Grs/cm³	2.67	
Observaciones:			

*Tabla N°50: cálculo de la gravedad específica de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)*



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



9.2.3.1.4. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

El ensayo granulométrico se realizó luego del secado de muestra, seguidamente las muestras pasaron una serie de tamices que van desde 3" hasta ser retenidos por el tamiz N° 200, estos materiales retenidos son pesados y analizados en porcentaje de material retenido, acumulado y también se analiza el porcentaje del material que pasa dichos tamices; para este ensayo se utilizó la norma MTC E 107 y ASTM D 422 Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils a continuación, se presenta el Tabla N 51, de análisis granulométrico por tamizado.

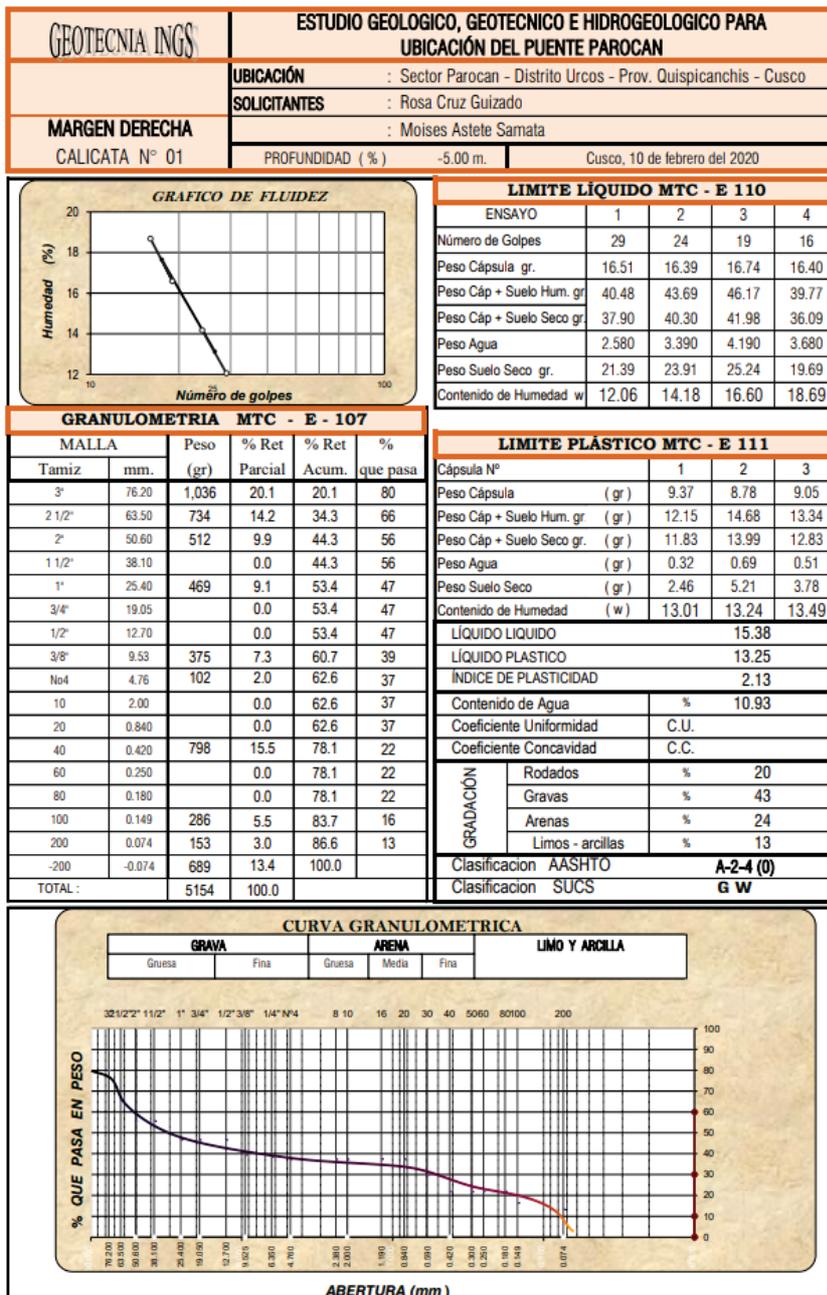


Tabla N°51: análisis granulométrico por tamizado de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



9.2.3.1.4.1. LIMITES DE ATTERBERG

Para el ensayo de límite líquido se realizó de acuerdo a la norma MTC E 110, para el límite plástico se utilizó la norma MTC E 111 y NTP 339.129: SUELOS. Metodo de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos; la cantidad de ensayos realizados para el límite líquido fueron 4 y se utilizaron 3 capsulas para el límite plástico, luego de realizar el ensayo granulométrico se prosiguió con el análisis de límites líquido y límite plástico para tener en conocimiento el porcentaje de finos que presenta las muestras obtenidas, concluyendo que las muestras tienen un límite líquido de 15.38% , límite plástico de 13.25% e índice de plasticidad de 2.13% a continuación, en el Tabla n 52, se aprecia la descripción del procesamiento de datos.

LIMITE LÍQUIDO MTC - E 110				
ENSAYO	1	2	3	4
Número de Golpes	29	24	19	16
Peso Cápsula gr.	16.51	16.39	16.74	16.40
Peso Cáp + Suelo Hum. gr	40.48	43.69	46.17	39.77
Peso Cáp + Suelo Seco gr.	37.90	40.30	41.98	36.09
Peso Agua	2.580	3.390	4.190	3.680
Peso Suelo Seco gr.	21.39	23.91	25.24	19.69
Contenido de Humedad w	12.06	14.18	16.60	18.69
LIMITE PLÁSTICO MTC - E 111				
Cápsula N°	1	2	3	
Peso Cápsula (gr)	9.37	8.78	9.05	
Peso Cáp + Suelo Hum. gr. (gr)	12.15	14.68	13.34	
Peso Cáp + Suelo Seco gr. (gr)	11.83	13.99	12.83	
Peso Agua (gr)	0.32	0.69	0.51	
Peso Suelo Seco (gr)	2.46	5.21	3.78	
Contenido de Humedad (w)	13.01	13.24	13.49	
LÍQUIDO LIQUIDO				15.38
LÍQUIDO PLASTICO				13.25
ÍNDICE DE PLASTICIDAD				2.13

Tabla N°52: análisis del límite líquido y límite plástico de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



**9.2.3.1.5. CLASIFICACION DE SUELO SEGÚN SISTEMA UNIFICADO
DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS (SUCS Y AASHTO)**

Esta clasificación de suelo de las muestras obtenidas de campo se realiza con el método SUCS Y AASHTO, para ello se trabaja según los datos granulométricos obtenidos, seguidamente se analiza suelos de partículas gruesas (gravas, arenas), también se analiza suelos de partículas finas (limos y arcillas); en este análisis se caracteriza el suelo como GW(grava bien graduada arenosa) y según AASHTO como una A-2-4 Grava y arena limoarcillosa de excelente a bueno, a continuación, se muestra el Tabla n 53 y 54, de clasificación de suelo según SUCS y AASHTO.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)
ASTM D-2487

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW Grava bien graduada	
		$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP Grava mal graduada	
	GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa	
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC Grava arcillosa	
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM Grava limosa arcillosa	
		Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM Grava bien graduada con limo	
	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC Grava bien graduada con arcilla	
		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM Grava mal graduada con limo	
		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC Grava mal graduada con arcilla	
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW Arena bien graduada
			$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP Arena mal graduada
ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200		$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa	
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC Arena arcillosa	
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM Arena limosa arcillosa	
		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM Arena bien graduada con limo	
ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC Arena bien graduada con arcilla	
		Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM Arena mal graduada con limo	
	Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC Arena mal graduada con arcilla		
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad ML Limo de baja plasticidad	
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL Arcilla de baja plasticidad	
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad CL - ML Arcilla limosa	
		Orgánicos	Límite Líquido secado al horno Límite Líquido no secado < 0.75 OL Limo orgánico	
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A" MH Limo de alta plasticidad	
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" CH Arcilla de alta plasticidad	
			Límite Líquido secado al horno Límite Líquido no secado < 0.75 OH Limo orgánico	
		Orgánicos	Límite Líquido no secado < 0.75 OH Arcilla orgánica	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT	Turba	

Tabla N°53: Clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos SUCS de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)				
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					
Tamizado, % que pasa												
No. 10 (2.00mm)	50 máx.
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia												
Límite líquido	...	...	...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	N.P.	N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. [#]	
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo				

Tabla N°54: Clasificación de suelo según AAHTO de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m

LÍQUIDO LIQUIDO	15.38	
LÍQUIDO PLASTICO	13.25	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.13	
Contenido de Agua	% 10.93	
Coefficiente Uniformidad	C.U.	
Coefficiente Concavidad	C.C.	
GRADACIÓN	Rodados	% 20
	Gravas	% 43
	Arenas	% 24
	Limos - arcillas	% 13
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	
Clasificación SUCS	G W	

Tabla N°55: Resumen de clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS Y AASHTO) de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



9.2.3.1.6. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (q_a)

La carga aplicada por unidad de área hasta que ocurra falla por corte en el suelo se llama capacidad de carga última (Braja M., 2001). Es decir, el esfuerzo de las cargas vivas, cargas muertas y cargas temporales que se aplicará al suelo, una vez construida y puesto en funcionamiento del puente Parocán; en el siguiente cuadro se muestra los resultados de la capacidad de carga admisible.

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA UBICACIÓN PUENTE PAROCAN			
Sector Parocan - Distr. Urcos - Prov. Quispicanchis - Cusco			
MARGEN DERECHA			
Suelo Cimentaciones		Enero del 2022	
CAPACIDAD CARGA ADMISIBLE (q_a)	Kg/cm^2 - Df (mt)	-1.20	1.64
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-1.50	2.30
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-1.80	2.96
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-2.00	3.61
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-2.20	4.36

*Tabla N°56: capacidad de carga admisible de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)*



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



9.2.3.1.7.RESUMEN DE LOS PARAMETROS GEOTECNICOS DE LA C-01

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA UBICACIÓN PUENTE PAROCAN					
Sector Parocan - Distr. Urcos - Prov. Quispicanchis - Cusco					
MARGEN DERECHA					
Suelo Cimentaciones		Enero del 2022			
Humedad		%		10.93	
GRUPO	S U C S			GW	
	A A S H T O			A-2-4	
PARAMETROS DE CONSTANTES FISICAS	Límite líquido	%		15.38	
	Límite plastidad	%		13.25	
	Indice de Plastidad	%		2.13	
PARAMETROS DE LA FRACCION FINA	Actividad	A		0.16	
	Indice de liquidez	IL		-1.089	
	Indice Compresibilidad	IC		0.05	
	Consistencia Relativa	Cr		2.09	
GRADACIÓN	Gravas	%		63.0	
	Arenas	%		24.0	
	Limos y Arcillas	%		13.0	
PARAMETROS MECANICOS	Angulo de fricción	Φ		26.00	
	Cohesión (C)	Kg/cm ²		0.025	
DENSIDADES	Max. Densidad Seca	Grs/cc		1.894	
	Densidad Seca	%		1.829	
	Densidad natural	Grs/cc		1.649	
	Densidad saturada	Grs/cc		2.031	
PARAMETROS DE CIMENTA	Nc	8.80	Sc	1.53	
	Nq	2.71	Sq	1.49	
	N γ	1.44	S γ	0.60	
CAPACIDAD CARGA ADMISIBLE (qa)	Kg/cm ² - Df (mt)	-1.20		1.64	
	Kg/cm ² - Df (mt)	-1.50		2.30	
	Kg/cm ² - Df (mt)	-1.80		2.96	
	Kg/cm ² - Df (mt)	-2.00		3.61	
	Kg/cm ² - Df (mt)	-2.20		4.36	
ASENTAMIENTOS	Por distorsión	mm.		20.50	
	Por consolidación	mm.		17.76	
RELACIONES PESO - VOLUMEN	Grado de Saturación	(Sr)		47.13	
	Porosidad	(n)		38.24	
	Relacion de Vacios	(e)		0.62	
	Contracción lineal	(C.L.)		1.00	
	Colapsabilidad	(Cs.)		1.86	
EMPUJE	Empuje Activo	Ka		0.48	
	Empuje Pasivo	Kp		1.87	
PARAMETROS SISMICIDAD	Factor de Zona	Z = 2		g =0.25	
	Categoría de Construcción	C		U =1.00	
	Parametros del Suelo		S ₂		1.20
			T _P (s)		0.60
			T _L (s)		2.00

Tabla N°57: Resumen de los parámetros geotécnicos de la muestra obtenido de la calicata C-01 a una profundidad de 5.00m.

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



9.2.3.2. ENSAYOS EN LABORATORIO DE CALICATA C-02

9.2.3.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de agua o humedad representa el porcentaje de peso de agua en una determinada masa de suelo con respecto al peso de partículas sólidas. Para el ensayo del contenido de humedad se ha utilizado la norma MTC E 108 y ASTM D 2216 Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. El método de ensayo de contenido de humedad requiere de varias horas de secado, para obtener el contenido de agua generalmente el tiempo de secado es de 24h, en un horno a la temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener una masa constante; la pérdida de masa debido al secado se considera la masa del agua; el contenido de agua o contenido de humedad se calcula utilizando la masa del agua y la masa del espécimen seco obteniendo. En el ensayo se utilizaron 2 muestras, los resultados del contenido de humedad de la muestra 1 es de 10.26 w y de la muestra 2 es de 10.88 w como se muestra en el siguiente cuadro N°:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
MTC - E 108			
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN			
Ubicación	: Sector Parocan - Distrito de Urcos Prov. Quispicanchis - CUSCO		
Muestra	: Margen izquierda		
Solicitantes	: Rosa Cruz Guizado Moises Astete Samata		
Fecha	: Cusco, 10 de febrero del 2020		
MUESTRA	1	2	
PROFUNDIDAD (ms.)	-5.50		
Peso de Cápsula (gr.)	86.62		91.37
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr.)	215.63		208.64
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr.)	203.63		197.13
Peso del Suelo Humedo (gr.)	129.01		117.27
Peso del Suelo Seco (gr.)	117.01		105.76
Peso del Agua (gr.)	12.00		11.51
Contenido de Humedad (w.)	10.26		10.88

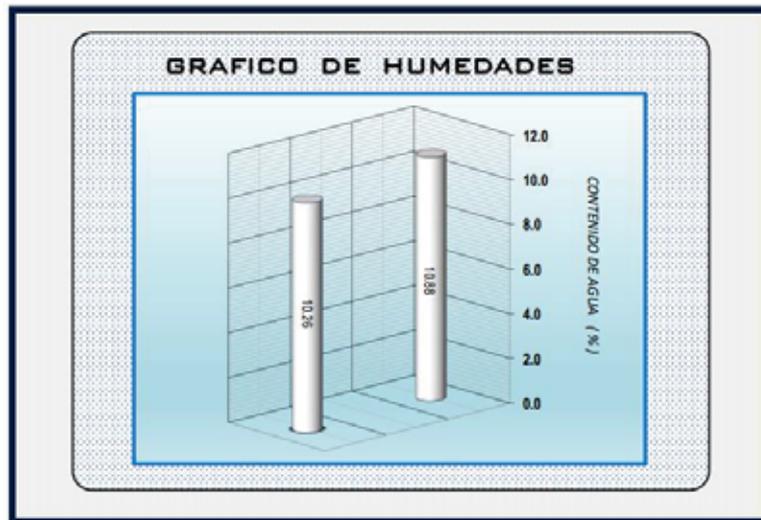


Tabla N°58: cálculo del contenido de humedad de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m.
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)

9.2.3.2.2.PESOS UNITARIOS DE SUELOS

El peso unitario de un suelo es la relación entre el peso del suelo y su volumen, se aplica en suelos cohesivos no saturados, agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm (6’’), no se recomienda para suelos en estado no saturado, suelos blandos o de fácil deformación ni para suelos que tengan agregados gruesos. El peso unitario es importante para la resolución de problemas de presiones, asentamientos y estabilidad de los suelos. Para este ensayo se utilizó la norma MTC E 203 y el NTP 400.017 método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados.

Para calcular el peso unitario compactado o suelto se utiliza la siguiente formula:

$$3) M = \frac{G-T}{V}$$

$$4) M = (G - T) \times F$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m³ (lb/pie³)

G = Peso del recipiente de medida mas el agregado en Kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en Kg (lb)

V = Volumen del recipiente de medida en m³ (pie³), y

F = Factor del recipiente de medida en m⁻³ (pie⁻³)

Para el ensayo se usaron 4 muestras para el peso unitario densificado y para el peso unitario suelto, teniendo los siguientes resultado: el promedio del peso unitario densificado es de 1.796 g/cm³ y el promedio para el peso unitario suelto es de 1.659 g/cm³ como se observa en el siguiente Tabla n 57.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESOS UNITARIOS DE SUELOS

NORMA MTC 203

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN

UBICACIÓN	: Sector Parocan - Distrito de Urcos Prov. Quispicanchis - CUSCO
SONDAJE	: Margen izquierda
SOLICITANTE	: Rosa Cruz Guizado Moises Astete Samata
FECHA	: Cusco, 10 de febrero del 2020

Diámetro (cm):	15.22	Altura (cm) :	11.68	Volumen (c.c.):	2,125.02
----------------	-------	-----------------	-------	-----------------	----------

Nº Muestra	gr.	1	2	3	4
Peso de Material + Molde	gr.	6,363	6,354	6,377	6,366
Peso de Molde	gr.	2549	2549	2549	2549
Peso de la muestra neta	gr.	3814	3805	3828	3817
Peso Unitario Densificado	gr./cm ³	1.795	1.791	1.801	1.796
PROMEDIO	gr./cm ³	1.796		g/cm³	

Nº Muestra	gr.	1	2	3	4
Peso de Material + Molde	gr.	6,061	6,078	6,088	6,069
Peso de Molde	gr.	2,549	2,549	2,549	2,549
Peso de Material neto	gr.	3,512	3,529	3,539	3,520
Peso Unitario Suelto	gr./cm ³	1.653	1.661	1.665	1.656
PROMEDIO	gr./cm ³	1.659 gr./cm³			

Tabla N°59: obtención de pesos unitarios de suelos de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



9.2.3.2.3.GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO

La finalidad de este ensayo es la determinación de gravedad específica o densidad relativa del suelo que pasa por el tamiz de 4,75 mm mediante un picnometro de agua para esto utilizamos el metodo de ensayo MTC E 113; cuando el suelo contiene particulas mas grandes que la malla de 4,75 mm, el metododo de ensayo es MTC E 206 , la gravedad específica es la relacion que existe entre la densidad del suelo y la densidad del agua; este es usado para calcular la densidad de los solidos de suelo. Para este ensayo se utilizaron 2 muestras teniendo como resultado para la muestra 1 la gravedad específica es de 2.674 Grs/Cm³ y para la muestra 2 la gravedad específica es de 2.673 Grs/Cm³ teniendo como promedio de la gravedad específica de 2.67 Grs/Cm³ como se muestra en el siguiente cuadro

 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES			
GRAVEDAD ESPECIFICA SUELO MTC - E 113			
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN			
Ubicación	: Sector Parocan - Distrito de Urcos Prov. Quispicanchis - CUSCO		
Muestra	: Margen izquierda		
Solicitantes	: Rosa Cruz Guizado Moises Astete Samata		
Fecha	: Cusco, 10 de febrero del 2020		
Número de Ensayo	N°	1	2
Peso de la muestra	Grs	105.97	105.89
Peso matraz lleno con agua destilada	Grs	666.38	665.59
Peso matraz lleno con agua destilada + suelo	Grs	732.81	731.96
Factor de corrección según la temperatura	K	0.998	0.998
Gravedad Especifica del Suelos	Grs/cm ³	2.674	2.673
Promedio de Gravedad Especifica los Sólidos del Suelo	Grs/cm ³	2.67	
Observaciones:			

Tabla N°60: cálculo de la gravedad específica de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



9.2.3.2.4. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

El ensayo granulométrico se realizó luego del secado de muestra, seguidamente las muestras pasaron una serie de tamices que van desde 3" hasta ser retenidos por el tamiz N° 200, estos materiales retenidos son pesados y analizados en porcentaje de material retenido, acumulado y también se analiza el porcentaje del material que pasa dichos tamices; para este ensayo se utilizó la norma MTC E 107 y ASTM D 422 Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils a continuación, se presenta el Tabla n 61, de análisis granulométrico por tamizado.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**

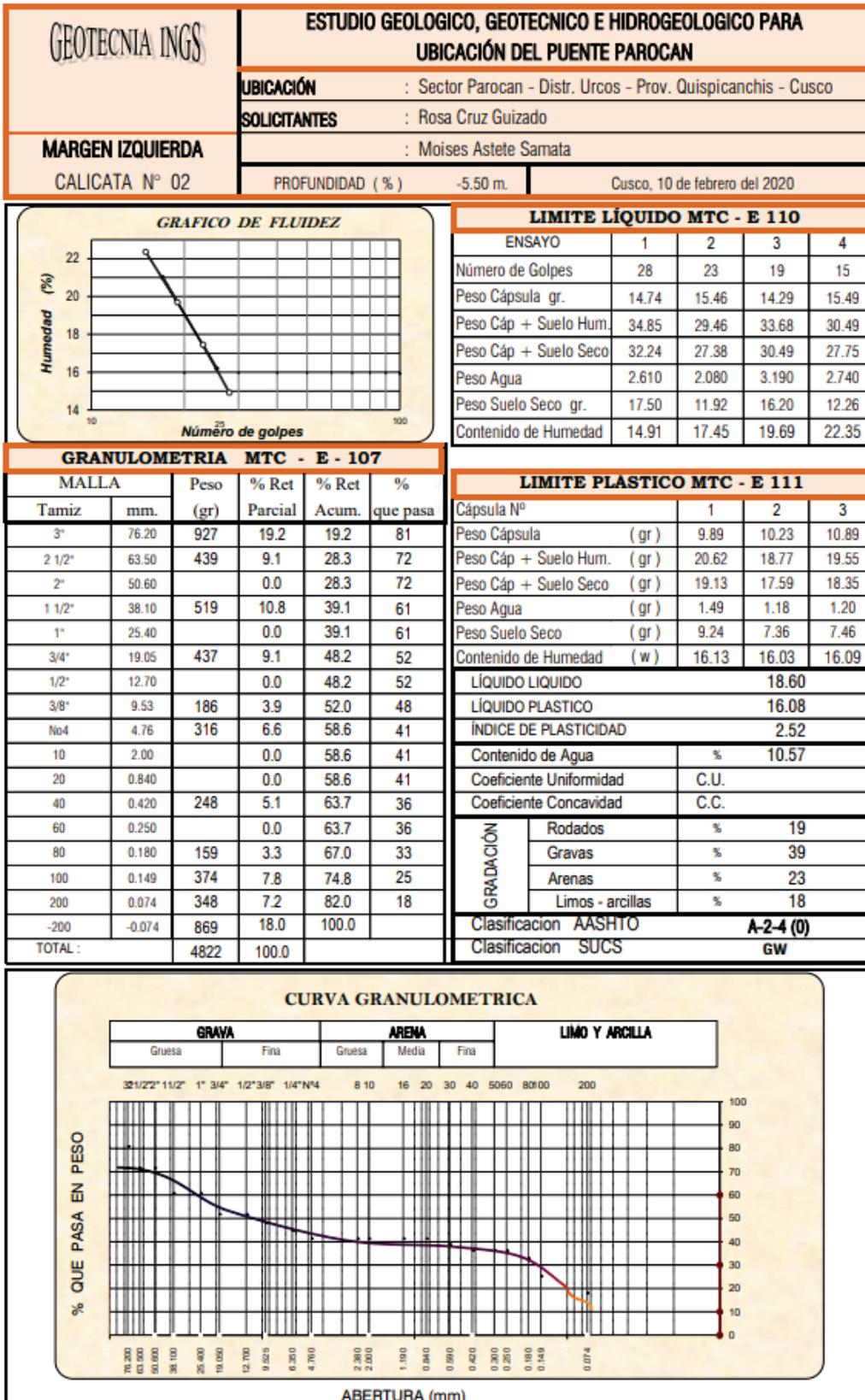


Tabla N°61: análisis granulométrico por tamizado de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m
Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



9.2.3.2.4.1. LIMITES DE ATTERBERG

Para el ensayo de límite líquido se realizó de acuerdo a la norma MTC E 110, para el límite plástico se utilizó la norma MTC E 111 y NTP 339.129: SUELOS. Metodo de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos; la cantidad de ensayos realizados para el límite líquido fueron 4 y se utilizaron 3 capsulas para el límite plástico, luego de realizar el ensayo granulométrico se prosiguió con el análisis de límites líquido y límite plástico para tener en conocimiento el porcentaje de finos que presenta las muestras obtenidas, concluyendo que las muestras tienen un límite líquido de 18.60% , límite plástico de 16.08% e índice de plasticidad de 2.52% a continuación, en la tabla n 62, se aprecia la descripción del procesamiento de datos.

LIMITE LÍQUIDO MTC - E 110				
ENSAYO	1	2	3	4
Número de Golpes	28	23	19	15
Peso Cápsula gr.	14.74	15.46	14.29	15.49
Peso Cáp + Suelo Hum.	34.85	29.46	33.68	30.49
Peso Cáp + Suelo Seco	32.24	27.38	30.49	27.75
Peso Agua	2.610	2.080	3.190	2.740
Peso Suelo Seco gr.	17.50	11.92	16.20	12.26
Contenido de Humedad	14.91	17.45	19.69	22.35

LIMITE PLÁSTICO MTC - E 111			
Cápsula N°	1	2	3
Peso Cápsula (gr)	9.89	10.23	10.89
Peso Cáp + Suelo Hum. (gr)	20.62	18.77	19.55
Peso Cáp + Suelo Seco (gr)	19.13	17.59	18.35
Peso Agua (gr)	1.49	1.18	1.20
Peso Suelo Seco (gr)	9.24	7.36	7.46
Contenido de Humedad (w)	16.13	16.03	16.09
LÍQUIDO LIQUIDO	18.60		
LÍQUIDO PLASTICO	16.08		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.52		

Tabla N°62: análisis del límite líquido y límite plástico de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



**9.2.3.2.5. CLASIFICACION DE SUELO SEGÚN SISTEMA UNIFICADO
DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS (SUCS Y AASHTO)**

Esta clasificación de suelo de las muestras obtenidas de campo se realiza con el método SUCS Y AASHTO, para ello se trabaja según los datos granulométricos obtenidos, seguidamente se analiza suelos de partículas gruesas (gravas, arenas), también se analiza suelos de partículas finas (limos y arcillas); en este análisis se caracteriza el suelo como GW(grava bien graduada arenosa) y según AASHTO como una A-2-4 Grava y arena limoarcillosa de excelente a bueno, a continuación, se muestra en la tabla n 62, de clasificación de suelo según SUCS y AASHTO.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)
ASTM D-2487

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO			SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
			Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien graduada con limo
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal graduada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal graduada con arcilla
		ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
			$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
			$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor que 50	Inorgánicos	Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM	Arena bien graduada con limo
			Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC	Arena bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM	Arena mal graduada con limo
			Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal graduada con arcilla
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido 50 o mayor	Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
		Orgánicos	$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa
			$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OL	Limo orgánico
			Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
			Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Principalmente materia orgánica de color oscuro	$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OH	Limo orgánico	
			PI	Turba	

Tabla N°63: Clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos SUCS de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)				
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					
Tamizado, % que pasa												
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia												
Límite líquido	...	...	...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	N.P.	N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo				

Tabla N°64: Clasificación de suelo según AASHTO de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m

LÍQUIDO LIQUIDO	18.60	
LÍQUIDO PLASTICO	16.08	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.52	
Contenido de Agua	% 10.57	
Coeficiente Uniformidad	C.U.	
Coeficiente Concavidad	C.C.	
GRADACIÓN	Rodados	% 19
	Gravas	% 39
	Arenas	% 23
	Limos - arcillas	% 18
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	
Clasificación SUCS	GW	

Tabla N°65: Resumen de clasificación de suelo según Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS Y AASHTO) de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



9.2.3.2.6. CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE (q_u)

La carga que se aplica a una unidad de área hasta que ocurra falla por corte en el suelo se llama capacidad de carga última (Braja M., 2001). Es decir, el esfuerzo de los tres tipos de carga (cargas vivas, cargas muertas y cargas temporales) que se aplicará al suelo, una vez construida y puesto en funcionamiento del puente Parocán; en el siguiente cuadro se muestra los resultados de la capacidad de carga admisible.

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA UBICACIÓN PUENTE PAROCAN				
Sector Parocan - Distr. Urcos - Prov. Quispicanchis - Cusco				
MARGEN IZQUIERDA				
Suelo Cimentaciones			1/03/2020	
CAPACIDAD CARGA ADMISIBLE (q_a)	Kg/cm^2 - Df (mt)	-1.20		1.75
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-1.50		2.49
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-1.80		3.23
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-2.00		3.97
	Kg/cm^2 - Df (mt)	-2.20		4.82

Tabla N°66: capacidad de carga admisible de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



9.2.3.3. RESUMEN DE LOS PARAMETROS GEOTECNICOS C-02

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROGEOLOGICO PARA UBICACIÓN PUENTE PAROCAN				
Sector Parocan - Distr. Urcos - Prov. Quispicanchis - Cusco				
MARGEN IZQUIERDA				
Suelo Cimentaciones			1/03/2020	
		Humedad	%	10.57
GRUPO	S U C S			GW
	A A S H T O			A-2-4 (0)
PARAMETROS DE CONSTANTES FISICAS	Límite líquido		%	18.60
	Límite plastidad		%	16.08
	Indice de Plastidad		%	2.52
PARAMETROS DE LA FRACCION FINA	Actividad		A	0.14
	Indice de liquidez		IL	-2.187
	Indice Compresibilidad		IC	0.08
	Consistencia Relativa		Cr	3.19
GRADACIÓN	Gravas		%	58.0
	Arenas		%	24.0
	Limos y Arcillas		%	18.0
PARAMETROS MECANICOS	Angulo de fricción		Φ	27.00
	Cohesión (C)		Kg/cm ²	0.019
DENSIDADES	Max. Densidad Seca		Grs/cc	1.796
	Densidad Seca		%	1.834
	Densidad natural		Grs/cc	1.659
	Densidad saturada		Grs/cc	2.037
PARAMETRO DE CEMENTA	Nc		8.80	Sc 1.55
	Nq		2.71	Sq 1.51
	Ny		1.44	Sy 0.60
CAPACIDAD CARGA ADMISIBLE (qb)	Kg/cm ² - Df (mt)		-1.20	1.75
	Kg/cm ² - Df (mt)		-1.50	2.49
	Kg/cm ² - Df (mt)		-1.80	3.23
	Kg/cm ² - Df (mt)		-2.00	3.97
	Kg/cm ² - Df (mt)		-2.20	4.82
ASENTAMIENTOS	Por distorsión		mm.	21.60
	Por consolidación		mm.	18.68
RELACIONES PESO - VOLUMEN	Grado de Saturación		(Sr)	46.28
	Porosidad		(n)	37.88
	Relacion de Vacios		(e)	0.61
	Contracción lineal		(C.L.)	1.18
	Colapsabilidad		(Cs.)	1.75
EMPUJE	Empuje Activo		Ka	0.47
	Empuje Pasivo		Kp	1.92
PARAMETROS SISMICIDAD	Factor de Zona		Z = 2	g = 0.25
	Categoria de Construcción		C	U = 1.00
	Parametros del Suelo		S ₂	1.20
			T _P (s)	0.60
			T _L (s)	2.00

Tabla N°67: Resumen de los parámetros geotécnicos de la muestra obtenido de la calicata C-02 a una profundidad de 5.50m

Fuente: (GEOTECNIA INGS, 2022)



Parámetros para el diseño de la cimentación

Según el estado natural del terreno, se requiere por medidas de seguridad y recomendaciones constructivas un tipo de cimentación compuesto por Caisson.

- Profundidad de cimentación: 3.00 m. (desde cota 3124.90)
- Capacidad portante: 3.25 y 3.05 kg/cm²
- Factor de seguridad: 3
- Asentamiento máximo: 5.08 cm (2")

perfil estratigráfico

➤ pozo de exploración c-01.

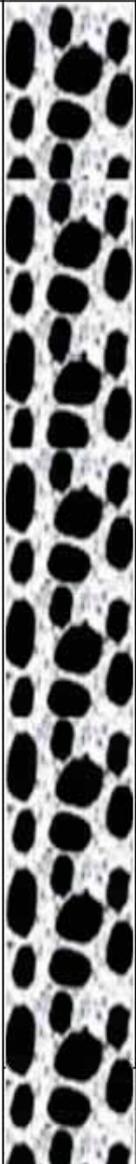
Profundidad: 5.00m		cota superficie: 3125.20 msnm		C-01 Estribo Derecha	
cordenadas:		cota fondo: 3120.20 msnm			
Profundidad	Descripcion	Simbolo	Color	Clasificacion SUCS	Observaciones
0.1				GW	<p align="center">C1</p> <p>Material granular, grava bien graduada, canto rodado con clastos de asta $\Phi=3"$ en matriz limo arenosa semi compacta y saturada, con presencia de boloneras de hasta $\Phi=15"$, coloracion plomo oscuro.</p>
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					
0.7					
0.8					
0.9					
1.00 m					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					
1.9					
2.00 m					
2.1					
2.2					
2.3					
2.4					
2.5					
2.6					
2.7					
2.8					
2.9					
3.00 m					
3.1					
3.2					
3.3					
3.4					
3.5					
3.6					
3.7					
3.8					
3.9					
4.00 m					
4.1					
4.2					
4.3					
4.4					
4.5					
4.6					
4.7					
4.8					
4.9					
5.00 m					



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



➤ pozo de exploración c-02

Profundidad: 5.50m cordenadas		cota superficie: 3124.90 msnm cota fondo: 3119.4 msnm		C-02 Estribo Izquierdo	
Profundidad	Descripcion	Simbolo	Color	Clasificacion SUCS	Observaciones
0.1	 Grava bien gradada arenosa 5.50m			GW	C2 Material granular, grava bien graduada, canto rodado con clastos de asta $\Phi=3"$ en matriz limo arenosa semi compacta y saturada, con presencia de boloneras de hasta $\Phi=15"$, coloracion plomo oscuro.
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					
0.7					
0.8					
0.9					
1.00 m					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					
1.9					
2.00 m					
2.1					
2.2					
2.3					
2.4					
2.5					
2.6					
2.7					
2.8					
2.9					
3.00 m					
3.1					
3.2					
3.3					
3.4					
3.5					
3.6					
3.7					
3.8					
3.9					
4.00 m					
4.1					
4.2					
4.3					
4.4					
4.5					
4.6					
4.7					
4.8					
4.9					
5.00 m					
5.1					
5.2					
5.3					
5.4					
5.5					

Profundidad Mínima de investigación

Considerando las recomendaciones dadas en el Manual de Diseño de Puentes, título I Ingeniería Básica, 1.3 Estudios Geológicos y Geotécnicos, 1.3.2.3 Sondajes, que indica: “La profundidad de las exploraciones y sondajes estará definida considerando un predimensionamiento de la cimentación y las condiciones locales del subsuelo”

La profundidad mínima de investigación a alcanzar en cada exploración está considerada por debajo del nivel del espejo de agua. Esta profundidad debe garantizar el conocimiento de los estratos subyacentes por debajo del lecho del río.

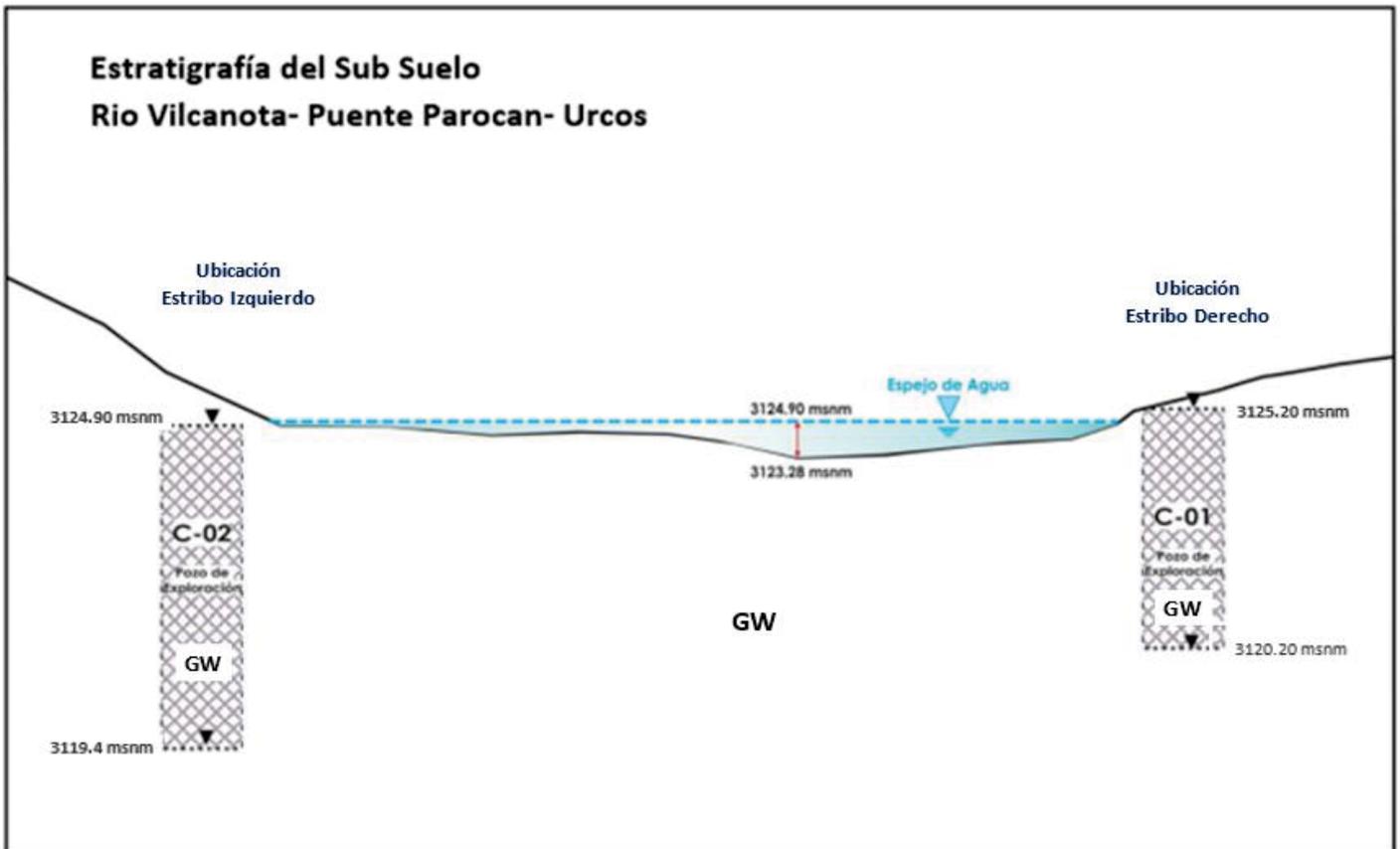


ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



de acuerdo al predimensionamiento previo se considera aproximadamente 2 metros por debajo del fondo de la sección transversal del río.

De acuerdo al sondeo realizado en el río, se ha determinado una profundidad de 1.62 m en la sección más profunda del lecho, y la investigación a través de la C-01 y C-02 ha llegado a 5.00 m y 5.50 m es decir 3.38 m y 3.88 m por debajo del fondo de la sección más profunda del río.





CONCLUSIONES

- Geológicamente el puente Parocán se fundara sobre depósitos cuaternarios fluviales y aluviales las unidades litoestratigráficas que rodean la zona de estudio son Formaciones Ananea que aflora en gran extensión al noreste del puente proyectado, Formación Maras, Pacha tusan, Huambutio, y la Formación Huancané, también se observaron materiales cuaternarios como depósitos fluviales, aluviales y coluviales; Geomorfológicamente está ubicado en la intersección de las unidades morfoestructural del Altiplano y la cordillera Oriental en el valle del Vilcanota.
- Para el estudio geotécnico, se realizó dos pozos de exploración C-01 Estribo derecho y C-02 Estribo izquierdo, en los cuales se han desarrollado ensayos de campo y actividades para la obtención de muestras representativas, y en laboratorio se han desarrollado los ensayos para análisis de suelos con fines de cimentación; en la C-01 a 20cm de profundidad se observa presencia de nivel freático, y por debajo de esta hasta 5.00m de profundidad se observa material granular, canto rodado con clastos de hasta $\varnothing = 3''$ en matriz limo arenosa semi compacta y saturada, con presencia de bolonerías de hasta $\varnothing = 15''$, con coloración plomo oscuro con 13% de materiales finos; en la C-02 se realizó una excavación de 5.50m de profundidad donde también se aprecia materiales granulares con presencia de cantos rodados con clastos de hasta $\varnothing = 3''$ con presencia de matriz limo arenosa y presencia de bolones de hasta $\varnothing = 13''$ con presencia de limos y arcillas de 18%.
- Para calcular los parámetros hidrológicos se recurrieron a las estaciones meteorológicas de Sicuani y Pomacanchi, con los datos de las estaciones se calcularon la temperatura media donde se proyectará el Puente Parocán es 68 °C, la humedad relativa media anual es 73.5 %, la velocidad de viento media anual es 4 m/s, 2317 horas sol media anual, 1243 mm la evaporación media anual, la evapotranspiración media anual es 1415.9 mm, precipitación media anual es 582.31 mm, la precipitación máxima en 24 horas es 42.98 y caudal de diseño es 815.7 m³/s para un periodo de retorno de 140 años. La vida útil del puente es 40 años. Las unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio son: Acuífero (Formación Ananea, depósitos aluviales, depósitos coluviales y depósitos fluviales), Acuitardos (Formación Pachuatusan y Formación Huambutio), Acuicludo de la Formación Maras y Acuíflugo la formación Ananea.
- Los estudios Geofísicos se realizaron por los métodos de Refracción Sísmica y MASW 2D, con el análisis de los ensayos indicados se clasifica el área de estudio como terreno tipo S2, Suelo intermedio, próximo a suelo blando. Con las líneas sísmicas RS 001 y MASW2D 001 se analizan las velocidades, donde con el primer ensayo se determinó que el primer estrato presenta velocidades Vp menor a 211 m/s con un espesor menor a 1 m, el cual corresponde a arena y grava suelta (Deposito aluvial), el segundo estrato presenta velocidades Vp, de 1300 m/s con un espesor mayor a los 16m, el cual se infiere como depósito aluvial saturado;



ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA QUISPICANCHI – CUSCO 2020



con el ensayo MASW 01 se infiere depósito aluvial saturado con un V_s entre 135 a 180 m/s, hasta los 22 a 25 m, por debajo se infiere material de compacidad media con un V_s mayor a 250 m/s; y con RS 002 y MASW2D 002 se determinó que el primer estrato presenta velocidades V_p de 520 m/s y V_s mayor a 250 m/s con un espesor de aproximadamente 4 m, el cual corresponde a depósito aluvial de compacidad media, el segundo estrato presenta velocidades V_p , de 1300 m/s y V_s menor a 250 m/s con un espesor de aproximadamente 20 m, el cual se infiere como depósito aluvial saturado; el tercer estrato presenta velocidades V_s mayores a 250 m/s y se encuentra a una profundidad entre 25 a 27 m, el cual se infiere como material de compacidad media. La fuente sísmogénica en la zona de estudio es la falla Urcos, ubicado al W a 350m del puente Parocán, tiene una dirección NW-SE y buzamientos hacia el SW, presenta una longitud de 22 Km, es una falla inversa con R_b : N 320 Y B_z : 40SW que pasa por las faldas de los cerros Curi, Huiracocha, la ciudad de Urcos y continua por el borde del río Vilcanota, esta falla esta en contacto entre la Formación Ananea y la formación Maras; según IGP la zona de estudio fue afectada en su mayoría por sismos superficiales, de acuerdo a lo establecido en la Norma de Diseño Sismo Resistente E – 030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el distrito de Urcos (Quispicanchi – Cusco) se encuentra en la zona 2 (Sismicidad Media), con aceleraciones máximas que varían entre 0.18 a 0.29 y para la zona de estudio la aceleración máxima es de 0.24g, también se determinó el peligro sísmico mediante el cálculo de la aceleración de onda sísmica tomando como referencia la falla Urcos la cual mediante la fórmula de Steinmom (1982), nos dio como resultado 357.92 gal la cual podemos decir que tendremos daño desastroso para el diseño del puente Parocan, razón por el cual el planteamiento del diseño de estructura del puente debe ser capaz de soportar dicho evento sísmico.

- En la C-01 la capacidad de carga admisible haciende los 4.36 kg/cm², a partir de 3.38 m de profundidad, es por ello que se recomienda cimentar a partir de 3.38m de profundidad por debajo del espejo de agua actual, en donde se encuentra un estrato compuesto de gravas resistentes en matriz arenosa con capacidad de carga > 4.36 kg/cm². En la C-02 la capacidad de carga admisible es de 4.82 kg/cm², a partir de los 3.88 m de profundidad, es por ello que se recomienda cimentar a partir de los 3.88 m por debajo del espejo de agua actual, en donde se encuentra un estrato compuesto de gravas resistentes en matriz arenosa con capacidad de carga > 4.82 kg/cm².
- El asentamiento inmediato por torsión es de 20.50 mm y el asentamiento por consolidación es de 17.76 mm en la calicata C-01 y C-02 el asentamiento inmediato por torsión es de 21.60 mm y el asentamiento por consolidación es de 18.68 mm.



RECOMENDACIONES

Se recomienda un Sistema de cimentación constituido de Caissons, ya que se considera la naturaleza gravosa en estado suelto de los estratos superiores al nivel de fundación. Dejando al Proyectista la posibilidad de modificar, siempre que se adopte otro sistema de características técnicas similares o mejores.

A la luz de los resultados geotécnicos y de la evaluación del sistema estructural planteado, se considera que no es necesario realizar un mejoramiento del suelo de fundación y menos incrementar la profundidad del nivel del mismo por ser un estrato subyacente homogéneo en una potencia considerable, tampoco incrementar el área de contacto para disminuir los esfuerzos transmitidos, respecto a las consideraciones estructurales, será el especialista estructural quien determine y concluya de manera definitiva respecto a la necesidad o no de contar con algún refuerzo o consideración estructural.

Se deja a criterio del proyectista establecer la profundidad de cimentación, sin embargo, se recomienda considerar la cimentación a partir de los 3.38 m. de profundidad, como mínimo, por debajo del terreno natural, debido a que a esa profundidad se encuentra un estrato resistente y constante en sus características y garantiza un óptimo comportamiento.

Se recomienda por medidas de protección local realizar un revestimiento con enrocado en los estribos. Así mismo considerar una estructura de control fluvial longitudinal con gaviones en ambas márgenes del río.

Se recomienda realizar perforaciones diamantinas utilizando precio-metros en los estudios definitivos de ingeniería.

BIBLIOGRAFIA

- ALEJO O,Sfriso. (2016). *Mecánica de Suelos y Geología*. Obtenido de asfriso@fi.uba.ar:
<http://materias.fi.uba.ar/6408/301%20Ensayo%20SPT.pdf>
- ASTM, D. (1995). Norma técnica de Exploracion Geofísica.
- Atauchi Rojas, W. y. (2019). *ESTUDIO GEOLOGICO, GEODINAMICO Y GEOTECNICO PARA LA SEGURIDAD FISICA DEL TRAMO CARRETERO PUENTE CHAULLAY - MESACANCHA, DISTRITO DE VILCABAMBA PROVINCIA LA CONVENCION - DEPARTAMENTO CUSCO*".
- Audebaud, E. (1973). *GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE OCONGATE Y SICUANI*. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Gaeológica Nacional N° 25.
- Braja M., D. (2001). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Mexico: Thomson. Obtenido de https://www.academia.edu/18553128/Principios_De_Ingenier%C3%ADa_De_Cim
- Cabrera, j. (1988). Neotectonique et sismotectonique dans la Cordillere Andine au niveau du changement de geometrie de la subducción: la región de Cusco, Perou.
- Candia, F., & Carloto, V. (1985). Estudio Geológico de la zona Huambutio-Lamay. Cusco.
- Carhuancho, S. R. (2011). *LA GEOTECNIA EN EL IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE AMAZONAS, HUANCAYO*.
- Carloto, V. e. (1995). Sedimentología de la Formación Huancané (Neoconiano) de la Region de Cusco. 24.
- Carloto, V., Cardenas, J., & Gabriel, C. (2011). *GEOLOGÍA DEL CUADRANGULO DE CUSCO HOJA 28-S*. LIMA-PERÚ: INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 138.
- Carloto, V., Cárdenas, J., Chavez, R., Gil, W., & Jailard, E. &. (1991). Estratigrafía de la Formación Huambutío (Kimmeridgiano-Berriasiano) Cusco-Perú. 591-597.
- Carloto, V., W, G., & Cárdenas J. & Chávez, R. (1996). Geología de los Cuadrangulos de Urubamba y Calca. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional.
- Carlotto, V. C. (1998). *Evolution andine et raccourcissement au niveau de Cusco (13°-16°S, Pérou)*. Francia.
- Cenki, B., & Jaillar, E. &. (2000). Estudio petrográficogeoquímico del volcanismo Pre-Huancané en la región de Cusco-Sicuani (sur del Perú).
- CHEREQUE M, W. (s.f.). *HIDROLOGIA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERIA CIVIL*. LIMA-PERU.
- CMRRD, C. M. (2003). *Mapa de calificacion de provincias segun niveles de peligros sismicos*.
- CONSORCIO CHAKAKUNA QOSQO. (2017). *ELABORACION DE LOS EXPEDIENTES TECNICOS DEFINITIVOS Y EJECUCION DE LAS OBRAS: CONSTRUCCION DE PUENTES POR REEMPLAZO EN CUSCO*. CUSCO.
- Cruden y Varnes. (1996). *DESLIZAMIENTO O MOVIMIENTO DEL TERRENO*.
- Direccion General de Politicas y Regulaciones en Construccion y Saneamiento. (2018). *NORMA TECNICA E: 050 SUELOS Y CIMENTACIONES*.



**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



- Escobar, C. B. (2013). Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región Cusco. 141-150.
- Geodatos. (2020). *sísmica de refracción*. Chile. Obtenido de <http://www.geodatos.cl/sismica.php>
- GEOTECNIA INGS. (2022). *Laboratorio de Suelos, concreto y materiales*. Cusco.
- Gregory, W. (1916). Geologic reconnaissance of the Cuzco Valley, Perou. American Journal of Science.
- Huaman Levita, U. (2019). *Estudio geodinámico geotécnico para el mejoramiento y ampliación de la carretera San Marino – Vilcabamba en su primer tramo puente Chaullay - Oyara distrito de Vilcabamba - La Convención - Cusco (0+000 - 27+360 km)*.
- IGP, I. G. (2019). Sismología - Mapa Sísmica.
- INDECI. (2011). *Mapa de peligros sísmicos de mitigación ante desastres de la ciudad de Urcos*.
- INDECI. (2011). *Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Anta-Izcuchaca*. Anta - Izcuchaca.
- Ishihara, K. (1996). Estimación de propiedades dinámicas de arcillas .
- LANDAZURI, C. (2002). *INGENIERIA DE PUENTES - mecánica de suelos y diseño geotécnico de cimentaciones para puentes*.
- Louie. (2001). Boletín de la Sociedad Sismológica de América.
- Mapa Sísmico del Cusco (IGP) periodo 1960-2017. Editado de Tavera H. (2017). *Mapa Sísmico de Cusco*. IGP, Cusco.
- Marocco, R. (1980). Géologie des Andes péruviennes: Un segment E-W de la chaîne des Andes péruviennes: la déflexion d'Abancay. Etude géologique de la Cordillère Orientale et des Hauts Plateaux entre Cuzco et San Miguel. Sud du Pérou.
- Martínez, V. A. (1990). *Geotecnia para Ingenieros – Principios Básicos*. Lima – Perú.
- Melgares, D. I. (2010). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES*.
- Melgares, G. G. (2010). *Diseño y construcción de puentes*.
- Mercer, J. H. (1977). Radiocarbon dating of the last glaciation in Peru. 600-604.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (s.f.). *MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRÁULICA Y DRENAJE*. LIMA, PERU.
- Ministerio de Vivienda. (2019). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima. Obtenido de <https://perfilesuelos.sencico.gob.pe/RM-355-2018-VIVIENDA.pdf>
- Monroy, M., & Bolaños, A. (2004). *MAPA DE ORDENADAS ESPECTRALES*. Lima, Peru.
- MTC. (2003). *Manual de Diseño de Puentes*. LIMA.
- MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES-ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU*.

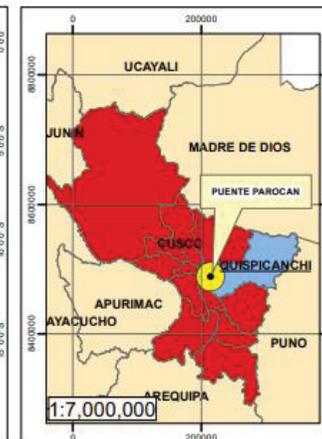
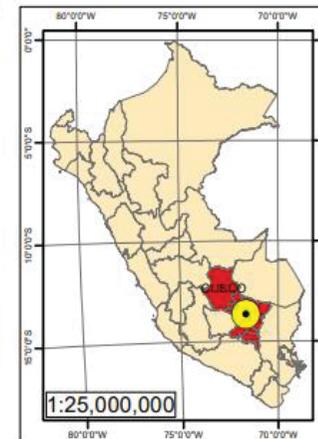
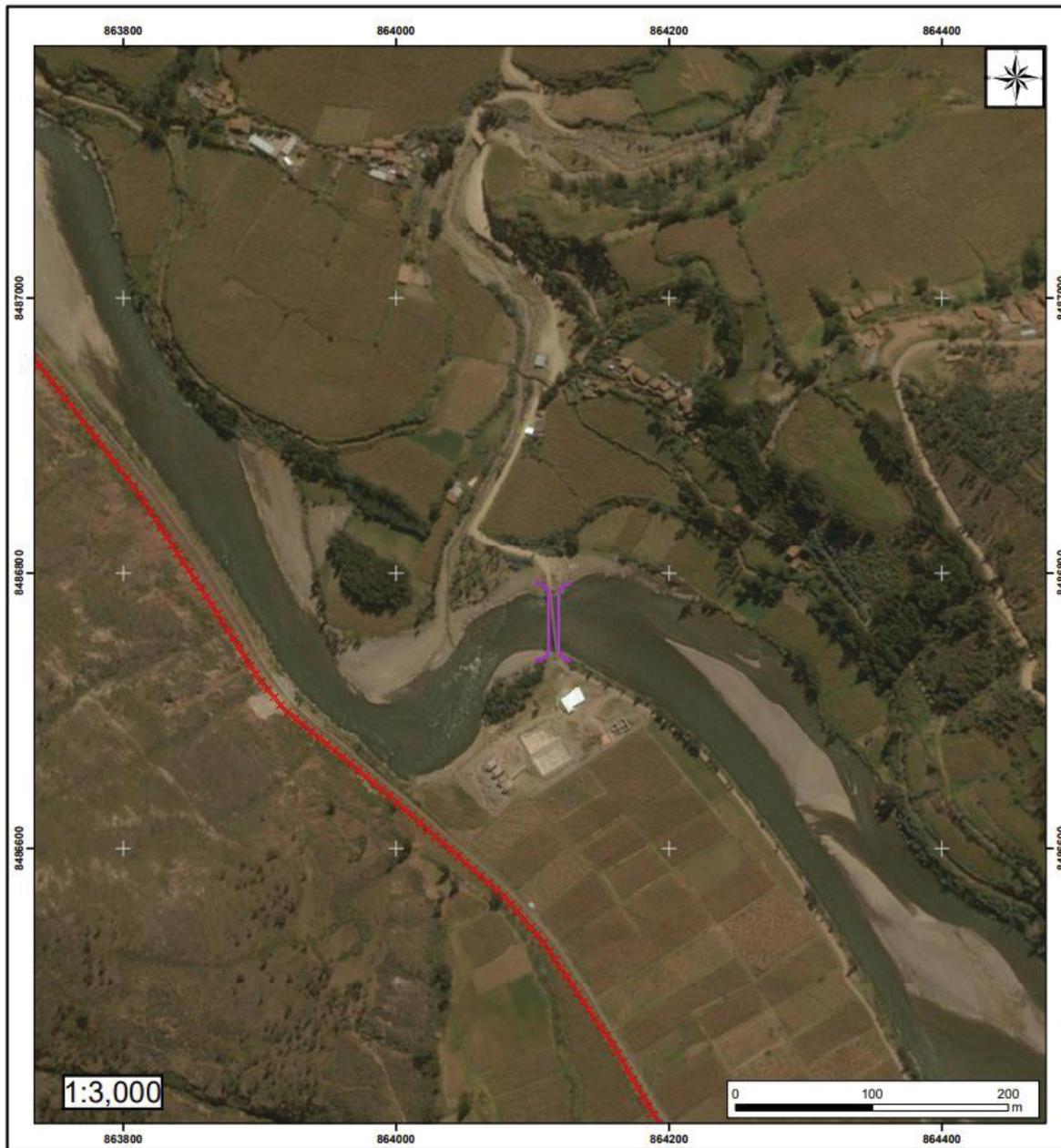


**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN –DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA
QUISPICANCHI – CUSCO 2020**



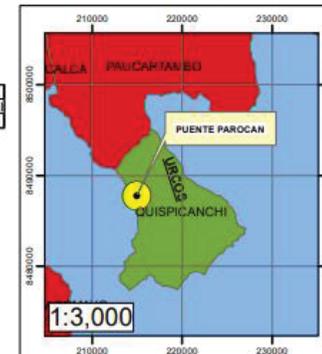
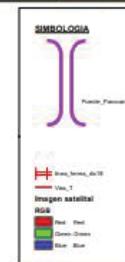
- MTC. (2016). *Normas MTC para puentes- estudio de hidrología e hidráulica, estudios geológicos y geotécnicos*. MTC. Resolución Directorial N°09-2016-MTC/14.
- NORMA E.050, S. Y. (23 de MAYO de 2006). URBANISMO, DIRECCION GENERAL DE POLITICAS Y REGULACION DE VIVIENDAS Y.
- Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones. (s.f.). Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.
- Pozo, J. P. (2018). Norma Técnica de Edificaciones Sismoresistentes.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). NORMA E.050 SULOS Y CIMENTACIONES. 21.
- Rojas Parco Frank Gabriel, Z. O. (2015). CORRELACION DE LOS VALORES N_{spt} CON N_{dpl} EN LOS SUELOS ARENOSOS DE LA ASOCIACION AGROPECUARIA SUMAC PACHA - LURIN.
- Sebrier, M. H. (1982). Observaciones acerca de la neotectónica del Perú.
- SNIRH,ANA. (2014). *Dominios geológicos regionales de la cuenca Urubamba*.
- Suarez, J. (2009). NOMENCLATURA Y CLASIFICACION DE LOS MOVIMIENTOS. En J. Suarez, *DESLIZAMIENTOS*.
- Tavera, H., Bernal, I., condori, C., Ordaz, M., & Ishizawa, A. Z. (2014). *Re-evaluacion del peligro sismico probabilistico para el Peru*.
- Víctor Carlotto, J. Q.-M. (2009). Dominio Geotécnico y Metalogenénesis del Perú. *ISSN 0079-1091*, 89. Obtenido de <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/SGP-103-1.pdf>
- Villafuerte Garrafa, J., & Sutta Salas, D. L. (2015). *Estudio geológico, geotécnico y geofísico para la construcción del nuevo puente para el terminal terrestre de Sicuani*.
- Yoon, S., & Rix, G. (2004). Actas de la conferencia, 17 Simposio EEGS sobre la aplicación de la geofísica a los problemas de ingeniería y medio ambiente.

ANEXO

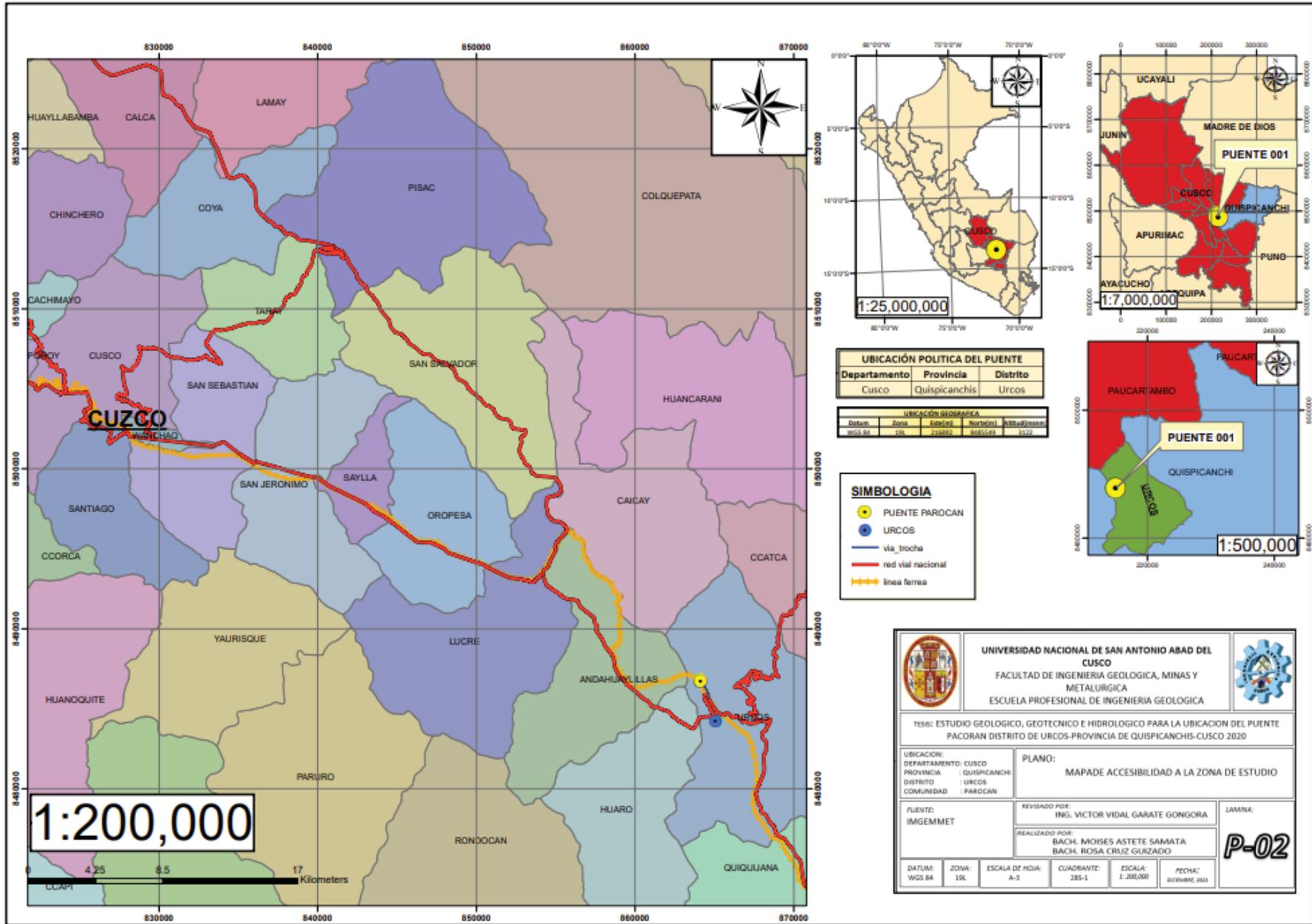


UBICACIÓN POLITICA DEL PUENTE		
Departamento	Provincia	Distrito
Cusco	Quispicanchis	Urcos

UBICACIÓN GEOGRAFICA			
Datum	Zona	Este(m)	Norte(m)
WGS 84	19L	216892	8485549



 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 LA UBICACION DEL PUENTE PACORAN DISTRITO DE URICOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHIS-CUSCO 2020			
UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHI DISTRITO: URICOS COMUNIDAD: PAROCAN		PLANO: MAPADE ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO	
FUENTE: IMGEMMET		REVISADO POR: ING. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	
		REALIZADO POR: BACH. MOISES ASTETE SAMATA BACH. ROSA CRUZ GUIZADO	
		P-01	
DATUM: WGS 84	ZONA: 19L	ESCALA DE HOJA: A-3	FECHA: DICIEMBRE, 2021



UBICACIÓN POLITICA DEL PUENTE

Departamento	Provincia	Distrito
Cusco	Quispicanchis	Urcos

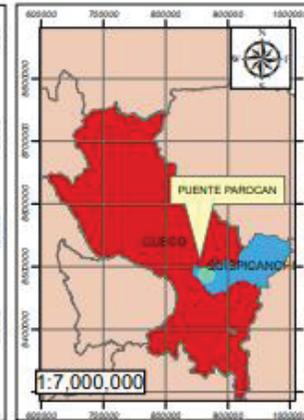
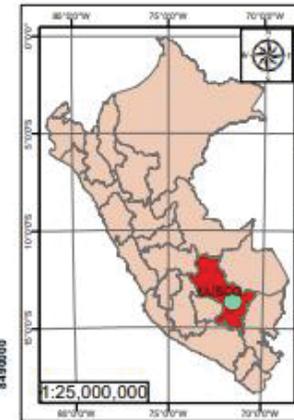
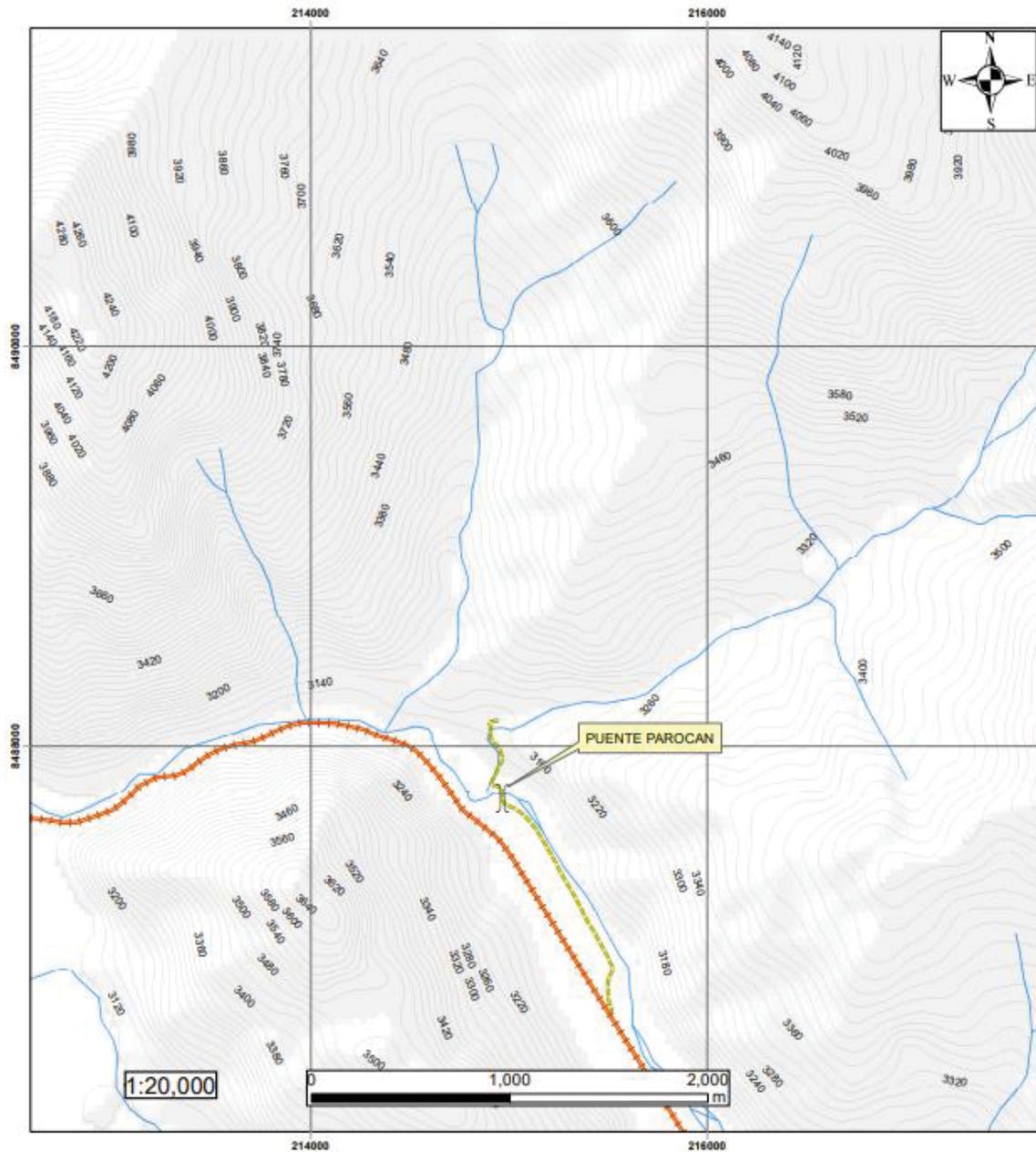
UBICACIÓN GEOGRAFICA

Datam	Zona	Easting	Northing	Altitud(metros)
WGS 84	10L	750000	820000	3222

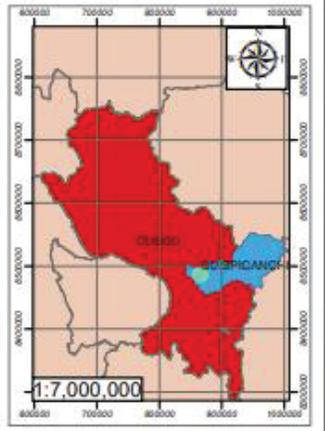
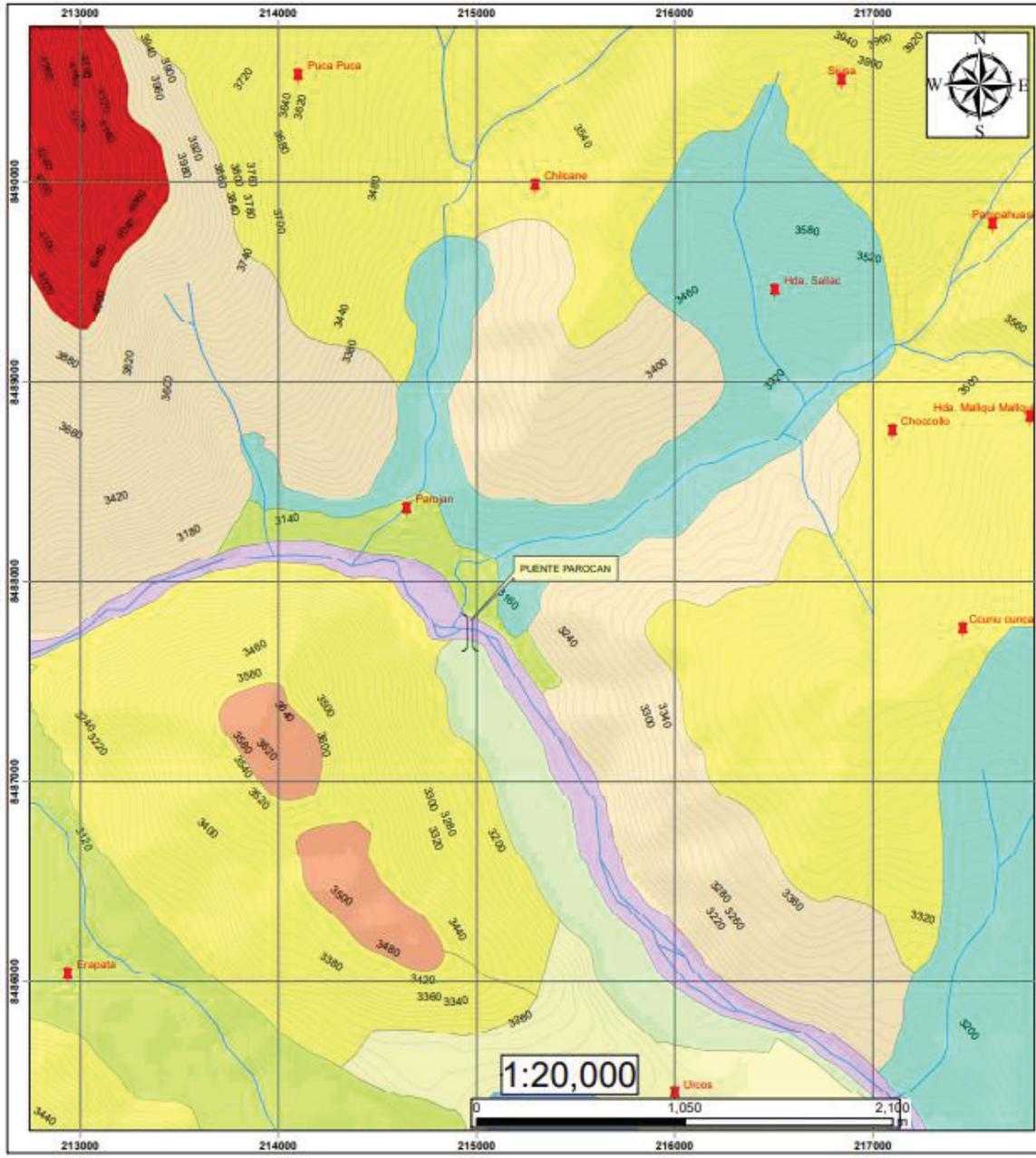
SIMBOLOGIA

- PUENTE PAROCAN
- URCOS
- via trocha
- red vial nacional
- linea ferrea

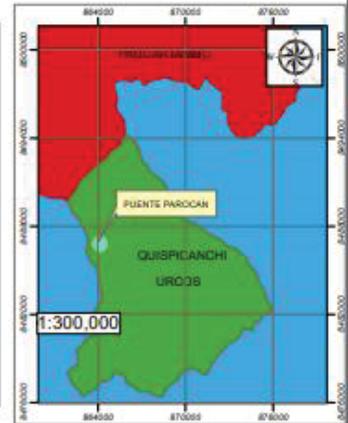
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TEMA: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACION DEL PUENTE PACORAN DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHIS-CUSCO 2020		
UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHIS DISTRITO: URCOS COMUNIDAD: PACORAN	PLANO: MAPADE ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO	
FUENTE: IMGEMMET	REVISADO POR: ING. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	LAMINA: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">P-02</div>
DATUM: WGS 84	ZONA: 10L	ESCALA DE HOJA: A-3
	CUADRIANTE: 285-1	ESCALA: 1:200,000
		FECHA: DICIEMBRE 2021



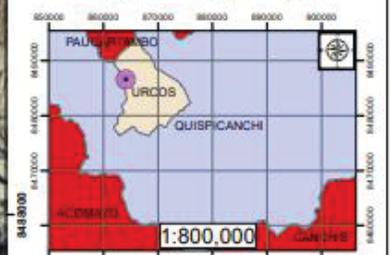
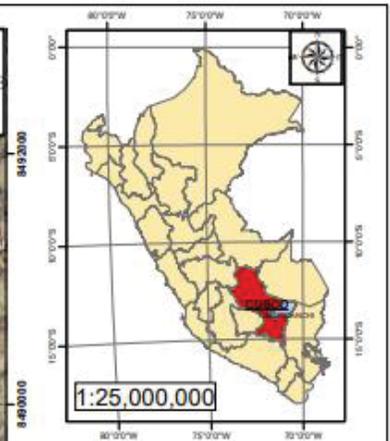
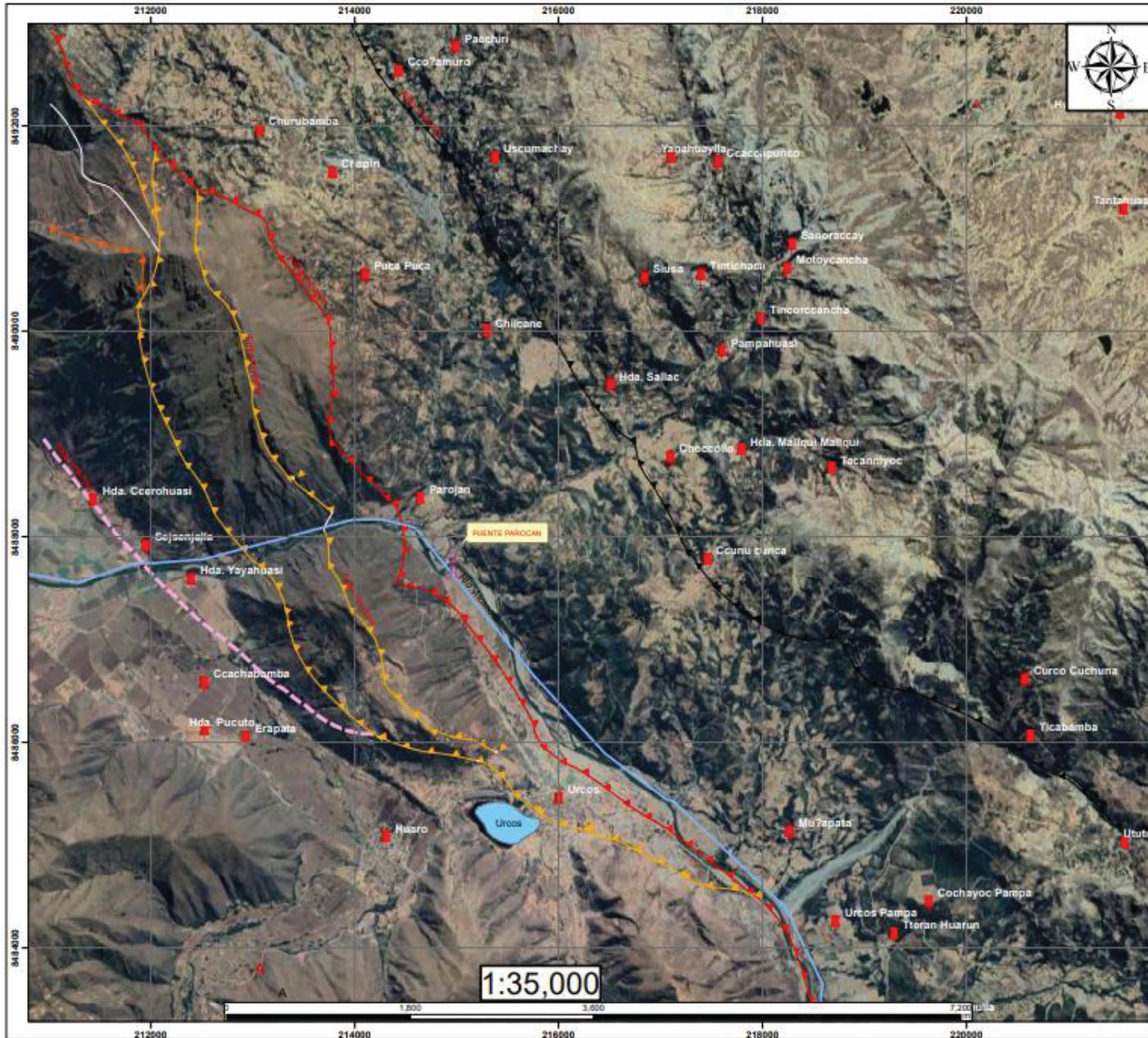
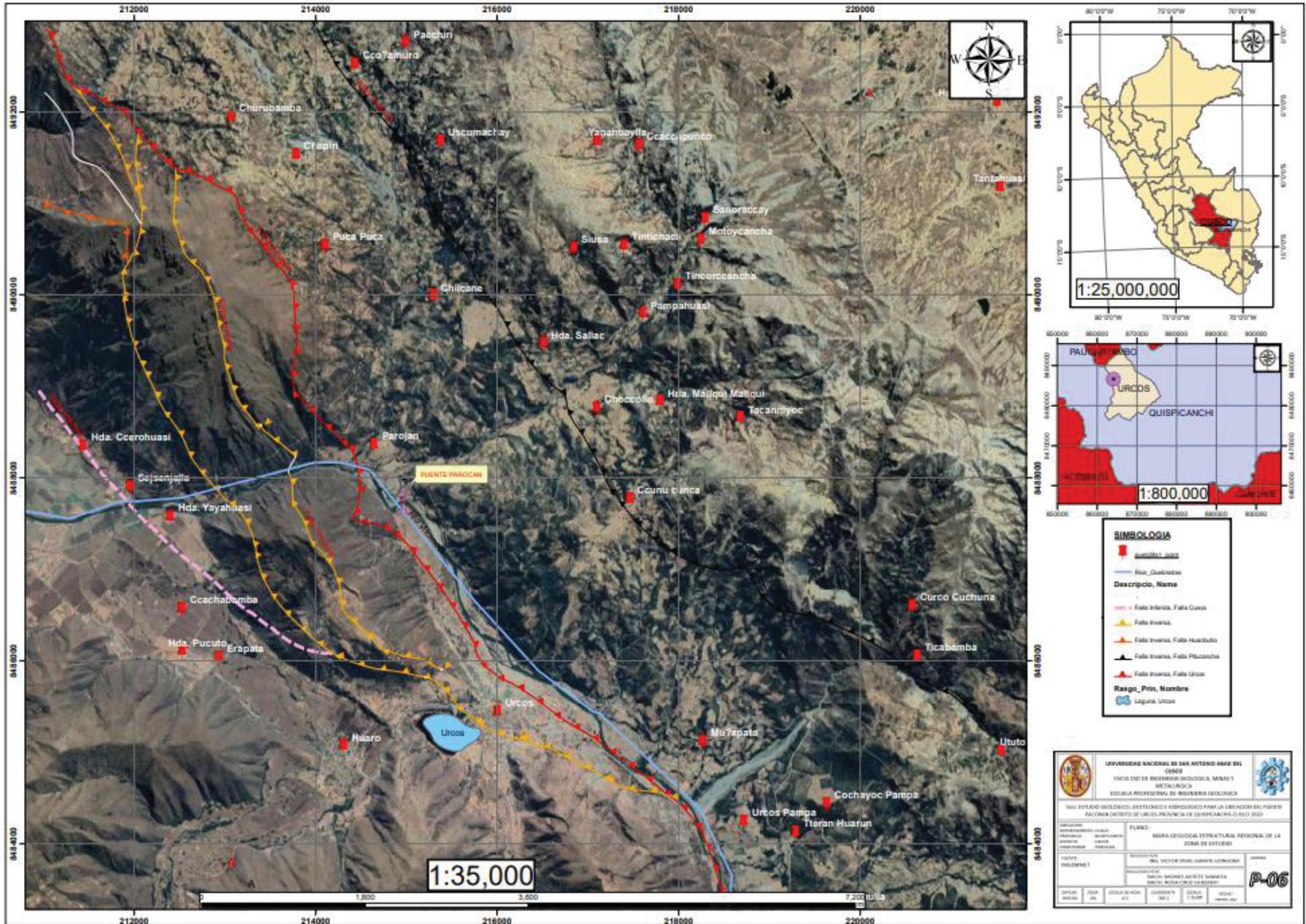
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACION DEL PUENTE PAROCAN DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHI-CUSCO 2020					
UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHI DISTRITO: URCOS COMUNIDAD: PAROCAN			PLANO: MAPA TOPOGRAFICO DEL PUENTE PAROCAN		
FUENTE: IMGEMMET		REVISADO POR: ING. VICTOR VIDAL GARAYE GONGORA		LABORIA: 	
REALIZADO POR: BACH. MOISES ASTETE SAMATA BACH. ROSA CRUZ QUIZADO		P-03			
DATUM: WGS 84	ZONA: 18L	ESCALA DE HDM: A-3	CUADRYNTE: 260-L	ESCALA: 1:20,000	FECHA: DICIEMBRE 2020



- LEYENDA**
- Puente_Parocan
 - pueb20x1_post
 - Rad de Drenaje
 - curvas final 20
 - sub_unidad**
 - Cauce de Rio
 - Cima de Montaña Alta
 - Cima de Montaña Baja
 - Ladera de Montaña Baja Moderadamente empinada
 - Ladera de Montaña Baja empinada
 - Ladera de Montaña Baja muy Empinada
 - Laguna de Uicos
 - Terrosa Aluvial
 - Vertiente Aluvial
 - Vertiente Coluvial



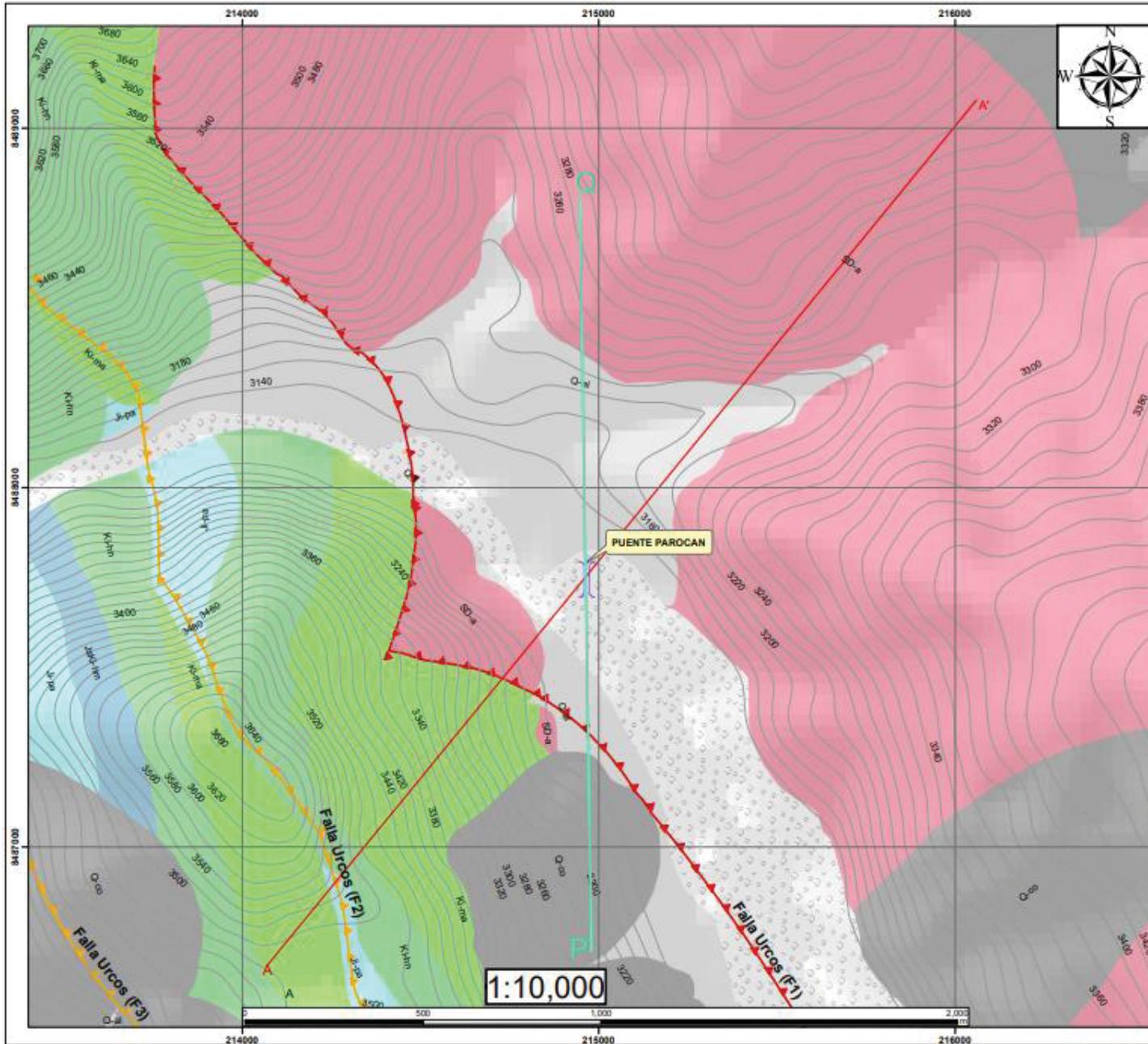
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>		
TITULO: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA UBICACION DEL PUENTE PAROCAN DISTRITO DE URUCO-PROVINCIA DE QUISPICANCHI-CUSCO 2020		
UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHI DISTRITO: URUCO COMUNIDAD: PAROCAN	PLANO: GEOMORFOLOGICO LOCAL	
FUENTE: IGMENMET	REVISADO POR: ING. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	LABORA: P-04
REALIZADO POR: BACH. MOISES ASTETE SAMATA BACH. ROSA CRUZ QUIZADO	ESCALA: 1:20,000	FECHA: 02/09/2020
DATUM: WGS 84	ZONA: 18S	ESCALA DE HOJA: A-0
CLASIFICACION: 200-1	ESTADIA: 1:20,000	FECHA: 02/09/2020



SIMBOLOGIA

- Puntos de control
- Rio, Quebradas
- Faja Infranca, Faja Curso
- Faja Infranca
- Faja Infranca, Faja Huastubo
- Faja Infranca, Faja Plozancha
- Faja Infranca, Faja Urcos
- Rasgo_Pris, Nombre
- Laguna Urcos

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA	
TÍTULO: ESTUDIO GEOLÓGICO, ESTRUCTURAL E HIDROGEOLOGICO PARA LA UBICACION DEL PUENTE FACOMAR DENTRO DE URCOS PROVINCIA DE QUISPICANCHI, CUSCO PERU	
Autor: ING. VICTOR HENRI GARCIA GONZALEZ Asesor: ING. MARCELO ABETE MANAÑA Asesor: ING. MARCELO ABETE MANAÑA	TÍTULO: MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL REGIONAL DE LA ZONA DE ESTUDIO
Fecha: 2023 Edición: 1	Escala: 1:35,000 Formato: A4
Estado: Final	Hoja: P-06



8487000
8488000
8489000

214000
215000
216000

1:25,000,000

1:800,000

FALLA URCOS			
Segmentos	F-1	F-2	F-3
Rb	N320°	N320°	N318°
Bz	40° SW	43° SW	38° SW
Longitud	22Km	7Km	10km

Geología

Legenda

Geología

name, descrip

- J-pa, Grupo Mta Formación Pachatusán
- JMO-fo, Formación Huambato
- K-fo, Formación Huacana
- K-foa, Grupo Yuncaypata Formación Miras
- Q-al, Depósitos aluviales
- Q-co, Depósitos coluviales
- Q-fl, Depósitos Fluviales
- SD-a, Formación Añaras

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO

INSTITUTO DE INGENIERIA ECOLÓGICA, MINAS Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ECOLÓGICA

TÍTULO: ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO E HIERMOLOGÍA PARA LA UBICACIÓN DEL PUENTE PAROCAN EN EL DISTRITO DE URCOS PROVINCIA DE QUISPICANCHI - CUSCO 2020

PROYECTO: MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL LOCAL DE LA ZONA DE URCOS

PROFESOR: ING. VICTOR VERA SANCHEZ GONZALEZ

ALUMNO: BACH. ANDRÉS ALEJANDRO GARCÍA BACHA BACH. ROSA LIDIA GONZALEZ

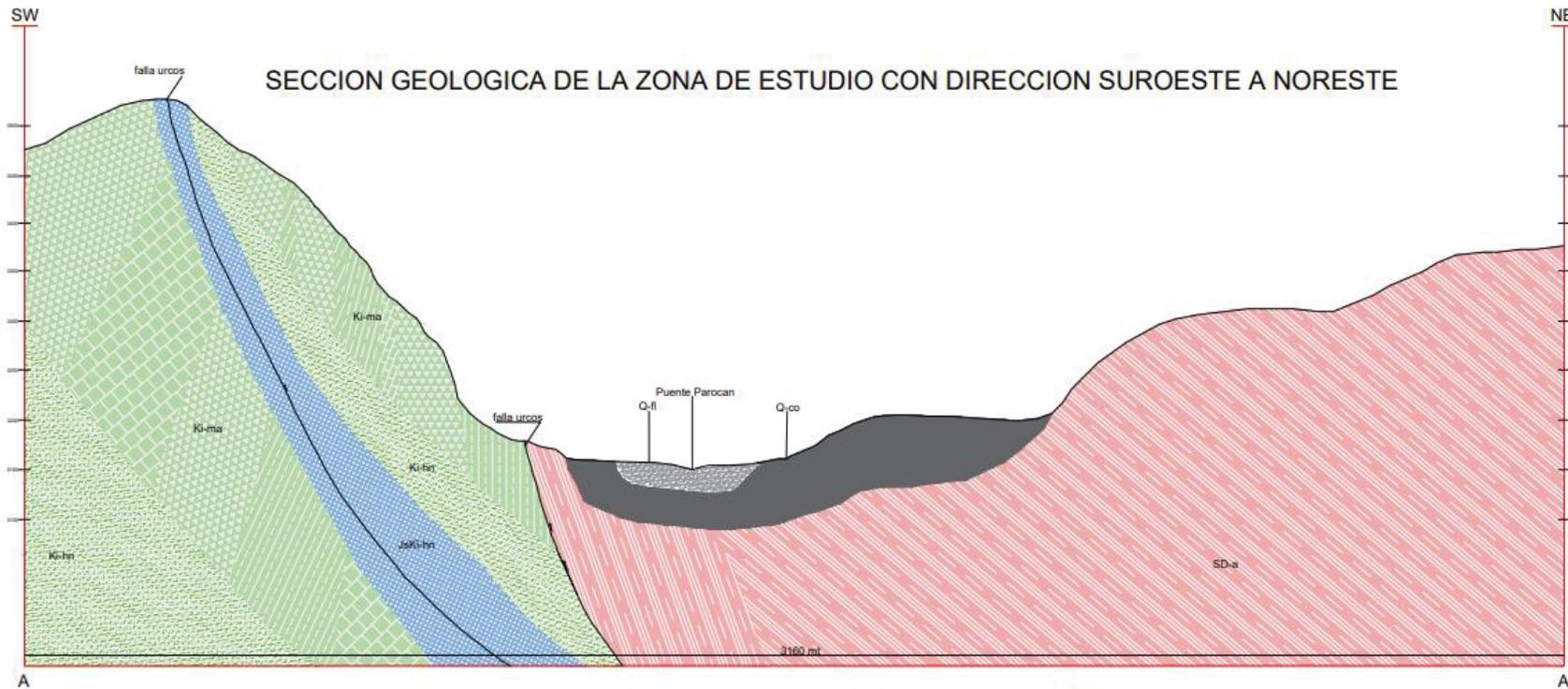
PLANO: MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL LOCAL DE LA ZONA DE URCOS

ESCALA: 1:10,000

LÁMINA: P-07

8487000
8488000
8489000

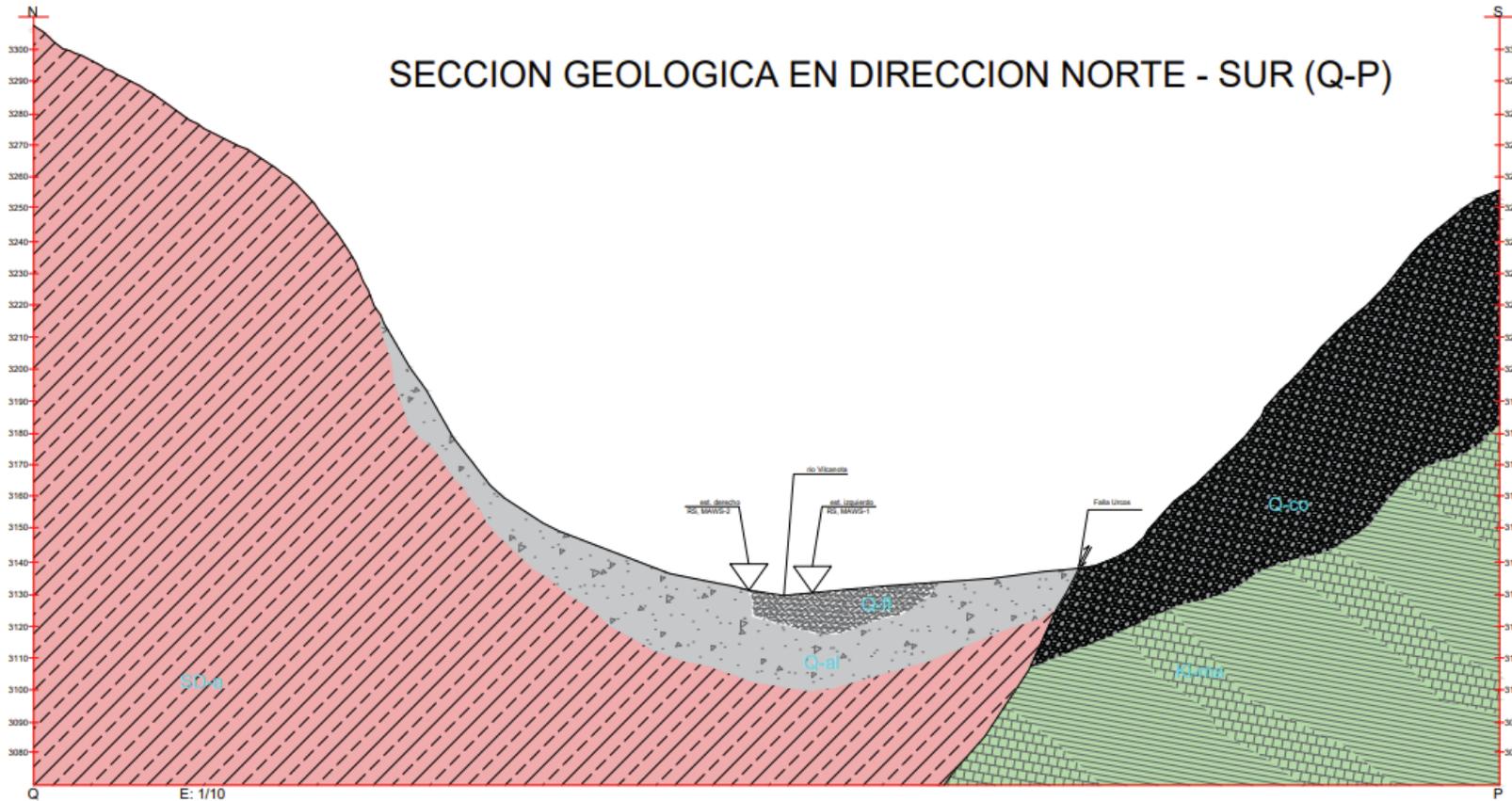
214000
215000
216000



PERIODO	ABREV.	COLOR	LITOESTRATIGRAFICAS
CUATERNARIO	Q-fl		Depositos Fluviales
	Q-al		Depositos Aluviales
CRETASICO	Ki-ma		Fm. Maras
CRETASICO	Ki-hn		Fm. Huancane
JURASICO	JsKi-hn		Fm. Huambutio
TRIASICO	Ji-pa		GR. MITU- Fm Pachatusan
SILUR-DEVONIANO	SD-a		Fm. Ananea

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TEMA: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA RE-UBICACION DEL PUENTE PACORAN DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHIS-CUSCO 2020		
UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHIS DISTRITO: URCOS COMUNIDAD: PACORAN	PLANO: SECCION GEOLOGICO-ESTRUCTURAL	
FUENTE: IMGEMMET	REVISADO POR: ING. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	ELABORADO POR: BACH. MOISES ASTETE SAMATA BACH. ROSA CRUZ GUZARDO
DATUM: WGS 84	ZONA: 18L	ESCALA DE HOJA: A-3
CUADRANTE: 289-1	ESCALA: 1:5000	FECHA: 03.10.2022
		P-08

SECCION GEOLOGICA EN DIRECCION NORTE - SUR (Q-P)



PERIODO	ABREV.	COLOR	LITOESTRATIGRAFICAS
CUATERNARIO	Q-fl		Depositos Fluviales
	Q-al		Depositos Aluviales
CRETASICO	Ki-ma		Fm. Maras
CRETASICO	Ki-hn		Fm. Huancane
JURASICO	JsKi-hn		Fm. Huambutio
TRIASICO	Ji-pa		GR. MITU- Fm Pachatusan
SILUR-DEVONIANO	SD-a		Fm. Ananea

LÍNEA	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	VELOCIDAD DE COMPRESIÓN VP	ESPESOR (m)
RS 01	Deposito aluvial suelto	211 m/s	<1
	Deposito aluvial saturado	1300 m/s	>16
RS 02	Deposito aluvial de compacidad media	$V_p=250$ m/s, $V_s > 520$ m/s	4
	Deposito aluvial saturado	$V_p=1300$ m/s, $V_s < 250$ m/s	20

LÍNEA	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	VELOCIDAD DE COMPRESIÓN Vs	ESPESOR (m)
MASW 01-2D	Deposito aluvial suelto	135 -180 m/s	22 a 25
	Deposito aluvial saturado	>250 m/s	>25
MASW 02-2D	Deposito aluvial	$V_s > 250$ m/s	1
	Deposito aluvial saturado	$V_s = 220-250$ m/s	22
	Material de compacidad media	$V_s > 250$ m/s	>22

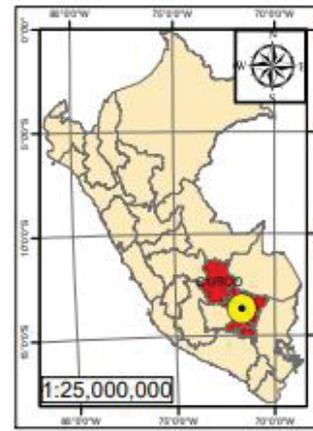
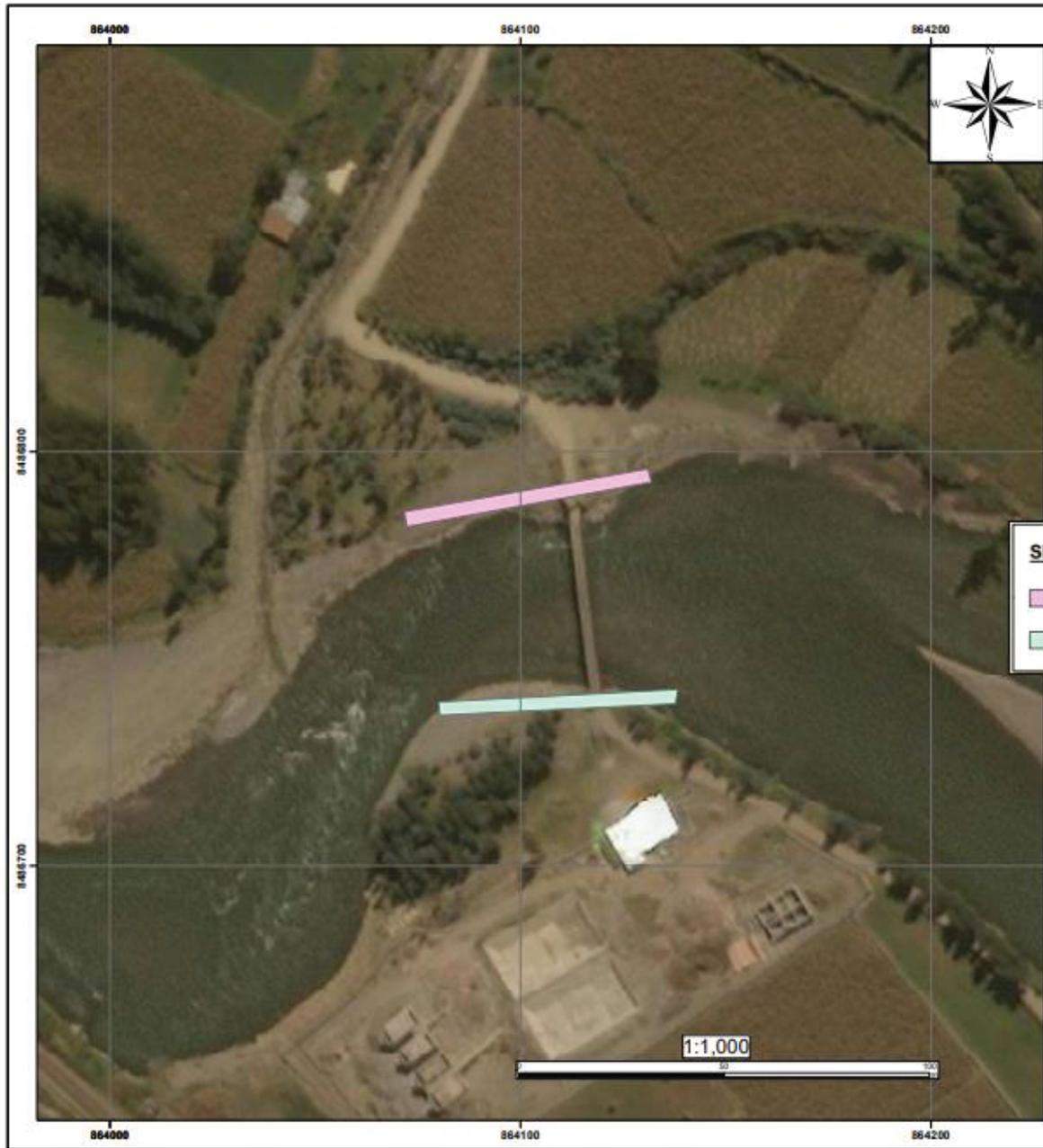


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TÍTULO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA RE-UBICACION DEL PUENTE PACORAN DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHI-CUSCO 2020

UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHI DISTRITO: URCOS COMUNIDAD: PACORAN	PLANO: SECCION GEOLOGICO-ESTRUCTURAL-GEOFISICO						
FUENTE: INGENMET	APROBADO POR: ING. VICTOR VIDAL GABRTE GONGORA LÁMINA						
ELABORADO POR: BACH. MOISES ASTETE SAMATA BACH. ROSA CRUZ GUZARDO	P-8a						
<table border="1" style="width: 100%; font-size: 0.8em;"> <tr> <td>FECHA: 08/04/2020</td> <td>ZONA: 29L</td> <td>ESCALA DE HOJA: A-3</td> <td>CUADRANTE: 285-1</td> <td>FISICAL: 2.0000</td> <td>FECHA: 08/04/2020</td> </tr> </table>	FECHA: 08/04/2020	ZONA: 29L	ESCALA DE HOJA: A-3	CUADRANTE: 285-1	FISICAL: 2.0000	FECHA: 08/04/2020	
FECHA: 08/04/2020	ZONA: 29L	ESCALA DE HOJA: A-3	CUADRANTE: 285-1	FISICAL: 2.0000	FECHA: 08/04/2020		

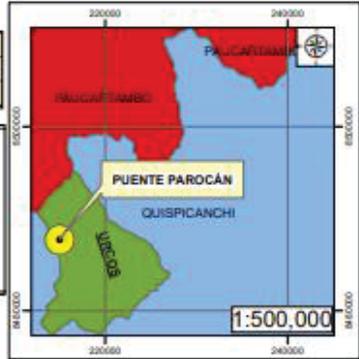


UBICACIÓN POLITICA DEL PUENTE

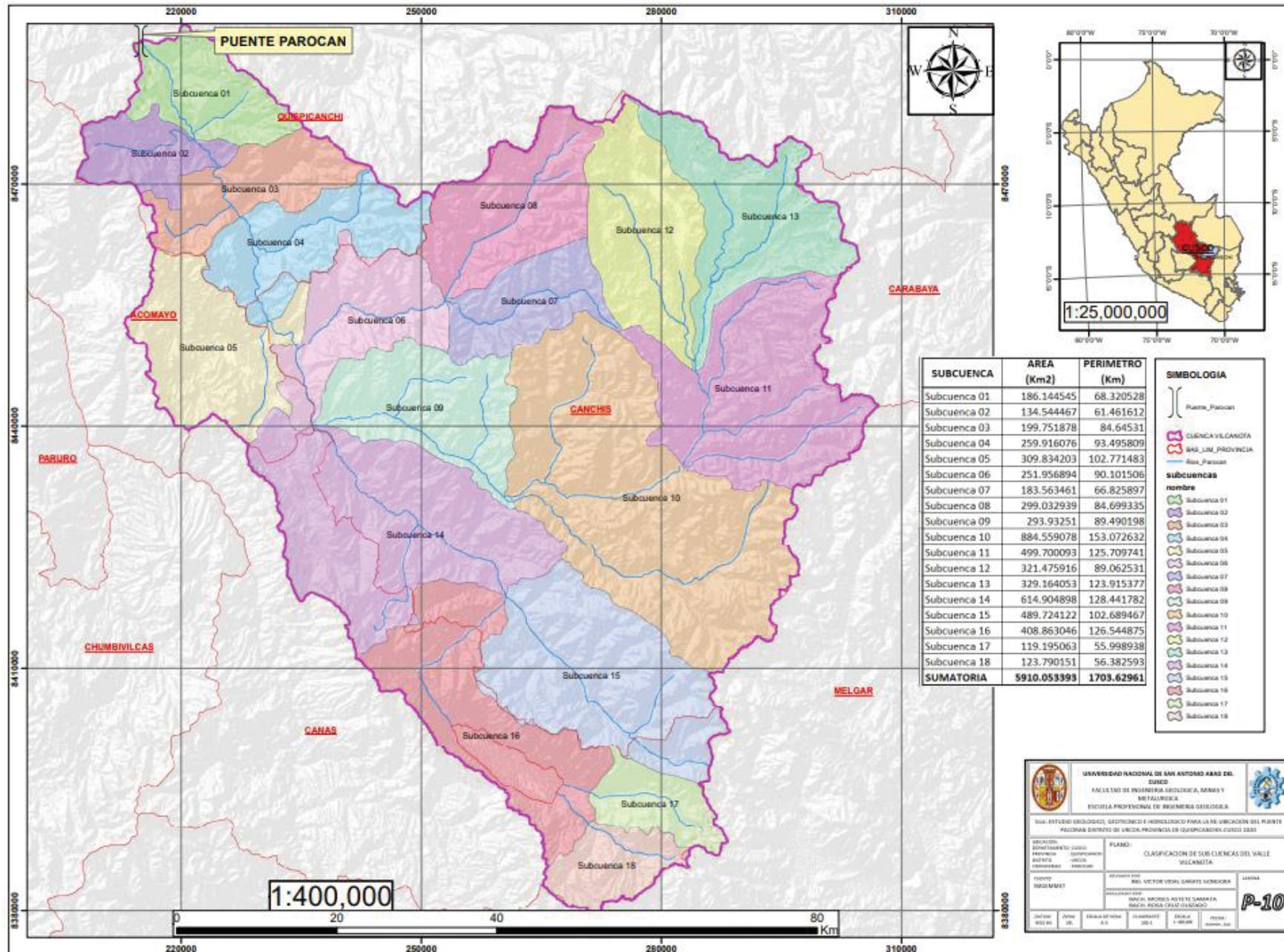
Departamento	Provincia	Distrito
Cusco	Quispicanchi	Urcos

SIMBOLOGIA

	RS 02-MASW-002
	RS 01-MASW 001



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA				
Tesis: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA RE-UBICACION DEL PUENTE PAROCAN DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHI-CUSCO 2020					
UBICACION: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : QUISPICANCHI DISTRITO : URCOS COMUNIDAD : PAROCAN		PLANO: UBICACION DE TENDIDO DE LINEAS SISMICAS PARA EL ESTUDIO GEOFISICO			
FUENTE: IMGEMMET		REVISADO POR: ING. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	LAMINA: P-09		
DATUM: WGS 84	ZONA: 19L	ESCALA DE HOJA: A-3	CUADRANTE: 285-1	ESCALA: 2:1,000	FECHA: diciembre, 2018



SUBCUENCA	AREA (Km2)	PERIMETRO (Km)
Subcuenca 01	186.144545	68.320528
Subcuenca 02	134.544467	61.461612
Subcuenca 03	199.751878	84.64531
Subcuenca 04	259.916076	93.495809
Subcuenca 05	309.834203	102.771483
Subcuenca 06	251.956894	90.101506
Subcuenca 07	183.563461	66.825897
Subcuenca 08	299.032939	84.699335
Subcuenca 09	293.93251	89.490198
Subcuenca 10	884.559078	153.072632
Subcuenca 11	499.700093	125.709741
Subcuenca 12	321.475916	89.062531
Subcuenca 13	329.164053	123.915377
Subcuenca 14	614.904898	128.441782
Subcuenca 15	489.724122	102.689467
Subcuenca 16	408.863046	126.544875
Subcuenca 17	119.195063	55.998938
Subcuenca 18	123.790151	56.382593
SUMATORIA	5910.053393	1703.62961

SIMBOLOGIA

- Parque Nacional
- Cuenca VILANDITA
- Subcuenca
- Rio, Provincia
- Rio, Parques

subcuencas nombre

- Subcuenca 01
- Subcuenca 02
- Subcuenca 03
- Subcuenca 04
- Subcuenca 05
- Subcuenca 06
- Subcuenca 07
- Subcuenca 08
- Subcuenca 09
- Subcuenca 10
- Subcuenca 11
- Subcuenca 12
- Subcuenca 13
- Subcuenca 14
- Subcuenca 15
- Subcuenca 16
- Subcuenca 17
- Subcuenca 18

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

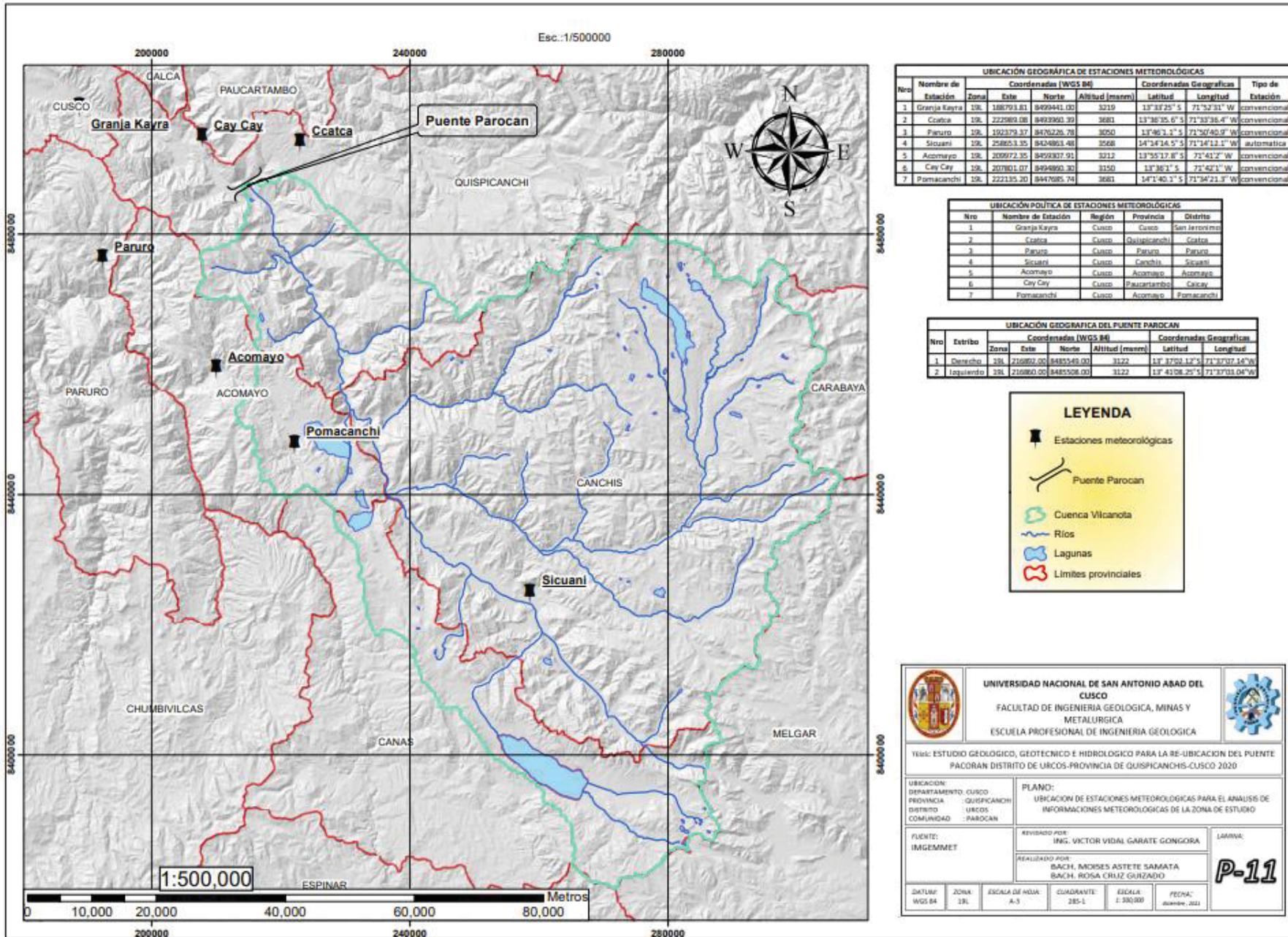
TITULO: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA RE-UBICACION DEL PLANTO FACTORIA DENTRO DE LA ZONA PROVINCIA DE QUISPICANCHI CUSCO 2020

PLANTO: VILANDITA
 CLASIFICACION DE SUS CUENCAS DEL VALLE VILANDITA

PROFESOR: ING. VICTOR VENI SANCHEZ SOMERZA
 ALUMNO: ING. MARCO ANTONIO DE LA CRUZ SANCHEZ

FECHA: 2024

P-10



UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Nro	Nombre de Estación	Coordenadas (WGS 84)			Coordenadas Geográficas		Tipo de Estación	
		Zona	Este	Norte	Altitud (metros)	Latitud		Longitud
1	Granja Kayra	19L	188793.81	8499441.00	3219	13°33'25" S	71°52'31" W	convencional
2	Catca	19L	222989.08	8493960.39	3681	13°36'35.6" S	71°53'36.4" W	convencional
3	Panuro	19L	192379.37	8476226.78	3050	13°46'1.1" S	71°50'40.9" W	convencional
4	Sicuani	19L	254853.35	8424863.48	3568	14°34'14.5" S	71°14'12.1" W	automatica
5	Acomayo	19L	200972.35	8459307.91	3212	13°55'17.8" S	71°41'2" W	convencional
6	Cay Cay	19L	207801.07	8494890.30	3150	13°36'1" S	71°41'1" W	convencional
7	Pomacanchi	19L	222135.20	8447685.74	3681	14°14'01.1" S	71°54'21.3" W	convencional

UBICACIÓN POLÍTICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Nro	Nombre de Estación	Región	Provincia	Distrito
1	Granja Kayra	Cusco	Cusco	San Jerónimo
2	Catca	Cusco	Quispicanchi	Catca
3	Panuro	Cusco	Paruro	Paruro
4	Sicuani	Cusco	Canchis	Sicuani
5	Acomayo	Cusco	Acomayo	Acomayo
6	Cay Cay	Cusco	Paucartambo	Caycay
7	Pomacanchi	Cusco	Acomayo	Pomacanchi

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PUENTE PACORAN

Nro	Extrito	Coordenadas (WGS 84)			Coordenadas Geográficas		
		Zona	Este	Norte	Altitud (metros)	Latitud	Longitud
1	Derecho	19L	216880.00	8485549.00	3122	13°37'03.12" S	71°37'07.14" W
2	Izquierdo	19L	216880.00	8485508.00	3122	13°37'08.25" S	71°37'03.04" W

LEYENDA

- Estaciones meteorológicas
- Puente Pacoran
- Cuenca Vilcanota
- Ríos
- Lagunas
- Límites provinciales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

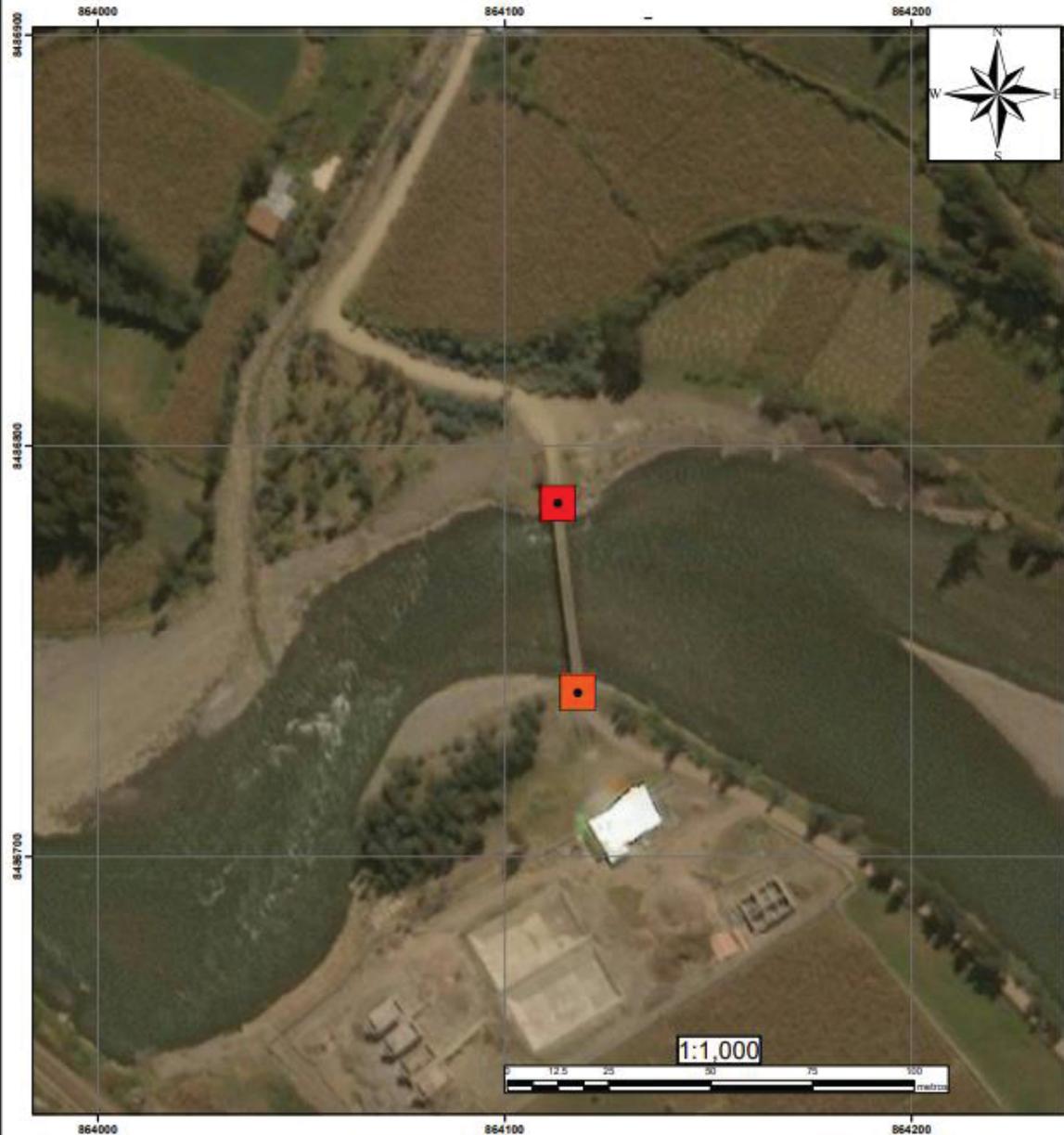


TÍTULO: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA RE-UBICACION DEL PUENTE PACORAN DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHIS-CUSCO 2020

UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHI DISTRITO: URCOS COMUNIDAD: PACORAN	PLANO: UBICACION DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA EL ANALISIS DE INFORMACIONES METEOROLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	
FUENTE: INGEMMET	REVISADO POR: ING. VICTOR VIDAL GARATE GONGORA	LAYNA:
REALIZADO POR: BACH. MOISES ASTETE SAMATA BACH. ROSA CRUZ GURZADO	P-11	

DATUM: WGS 84	ZONA: 19L	ESCALA DE HOJA: A-3	CORDONATE: 285-L	ESCALA: 1:50000	FECHA: Mayo, 2011
---------------	-----------	---------------------	------------------	-----------------	-------------------

MAPA DE UBICACION DE LOS POZOS DE EXPLORACION (PARA EL ESTUDIO GEOTECNICO)



UBICACIÓN POLITICA DEL PUENTE		
Departamento	Provincia	Distrito
Cusco	Quispicanchis	Urcos

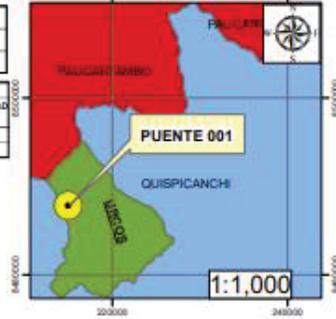
UBICACION DE LOS POZOS DE EXPLORACION			
CODIGO	ZONA	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
C-01	URC	214927.95	8467767
C-02		214965	8467721

SIMBOLOGIA

■ C-01
■ C-02

Imagen

■ Red: Red
■ Green: Green
■ Blue: Blue





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TITULO: ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA RE UBICACION DEL PUENTE PAVORAN DISTRITO DE URCOS-PROVINCIA DE QUISPICANCHIS-CUSCO 2020

UBICACION: DEPARTAMENTO: CUSCO PROVINCIA: QUISPICANCHI DISTRITO: URCOS COMUNIDAD: PAVORAN	PLANO: MAPA DE UBICACION DE LOS POZOS DE EXPLORACION
FUENTE: IMGEMMET	REDISEÑADO POR: ING. VICTOR VEVAL GARATE GONGORA

REALIZADO POR:
 BACH. MOSES ANTETE SAMATA
 BACH. ROSA CRUZ GALAZO

P-12

FECHA: 08/08/20	ZONA: UR	ESCALA DE HOJA: A-5	CLASIFICACION: 200-1	FECHA: 1/199	FECHA: 08/08/20
-----------------	----------	---------------------	----------------------	--------------	-----------------