



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Título del Proyecto:**

**“ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE CRUCE VEHICULAR SOBRE EL RIO  
TAMBILLITO EN LA PARROQUIA TAMBILLO, CANTÓN SAN LORENZO,  
PROVINCIA DE ESMERALDAS”**

**Autor:**

**GONZÁLEZ VARGAS BORIS GUILLERMO**

**Director: Ing. Oscar Paredes**

**Riobamba – Ecuador**

**2016**

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: "ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE CRUCE VEHICULAR SOBRE EL RIO TAMBILLO EN LA PARROQUIA TAMBILLO, CANTÓN SAN LORENZO, PROVINCIA DE ESMERALDAS" presentado por: **Boris Guillermo González Vargas**, dirigida por: **Ingeniero Oscar Paredes**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constado en cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

**Ing. Víctor Velásquez**  
**Presidente del Tribunal**



Firma

**Ing. Oscar Paredes**  
**Director del proyecto**



Firma

**Ing. Ángel Paredes**  
**Miembro del Tribunal**



Firma

### **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación le corresponde exclusivamente a Boris Guillermo González Vargas e Ing. Oscar Paredes, y el patrimonio intelectual de la misma a la universidad Nacional de Chimborazo.



**González Vargas Boris Guillermo**

C.I. 080225990-3

# **A** GRADECIMIENTO

A Dios, por haberme iluminado, en la elaboración de este trabajo.

A mis padres que en paz descansen, hermanas, novia y al señor Marco Villegas por su gran aporte y comprensión permanente.

A mis maestros de esta prestigiosa universidad por su aporte en la transmisión de conocimientos.

Al Ingeniero Oscar Paredes, por su invaluable guía; y a todas las demás personas que de una u otra manera aportaron ideas y conocimientos para la realización de este trabajo de investigación.

*González Vargas Boris Guillermo*

# **D**EDICATORIA

A Dios, por su divino apoyo. A mis padres por haberme encaminado a lograr esta meta y por crear hábitos de estudio en mí. A mi hijo por ser mi inspiración para lograr este sueño.

*González Vargas Boris Guillermo*

## Contenido

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
RESUMEN.....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	18
CAPÍTULO I.....	19
1. PROBLEMATIZACIÓN .....	19
1.1. TEMA DEL TRABAJO DE GRADO.....	19
1.2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.3. ANÁLISIS CRÍTICO .....	20
1.4. PROGNOSIS .....	21
1.5. DELIMITACIÓN .....	21
1.5.1. DELIMITACIÓN ÁREA DEL PROYECTO .....	21
1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	22
1.7. OBJETIVOS .....	23
1.7.1. OBJETIVO GENERAL .....	23
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
1.8. HIPÓTESIS .....	24
1.9. JUSTIFICACIÓN .....	24
CAPÍTULO II .....	25
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	25
2.1. DEFINICIÓN DE PUENTE.....	25
2.2. ELEMENTOS DE UN PUENTE.....	25
2.2.1. SUPERESTRUCTURA .....	25
2.2.2. Tablero .....	26

2.2.3.	Cable Principal .....	26
2.2.4.	Torres .....	26
2.2.5.	Vigas.....	26
2.2.6.	SUBESTRUCTURA.....	27
2.2.7.	Apoyos .....	27
2.2.8.	Estribos.....	27
2.2.9.	Pilas .....	27
2.2.10.	Cimentación.....	28
2.3.	CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES .....	28
2.3.1.	CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE PUENTES .....	28
2.3.2.	PUENTES SOBRE VIGAS .....	29
2.3.3.	PUENTE DE ARCO .....	29
2.3.4.	PUENTES COLGANTES.....	30
2.3.5.	PUENTES ATIRANTADOS.....	31
2.4.	CONSIDERACIONES GENERALES CON LAS NORMAS AASHTO LRFD.....	31
2.4.1.	DENOMINACIÓN DE LAS CARGAS .....	32
2.4.2.	FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGA (NORMAS AASHTO LRFD).....	33
2.4.3.	CARGAS EN VEREDAS .....	35
2.4.4.	CARGAS EN BARANDAS .....	36
2.4.5.	CARGAS DE VIENTO .....	37
2.4.6.	EFFECTOS SÍSMICOS .....	37
2.5.	PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE UN PUENTE .....	37
2.5.1.	LOSAS DE HORMIGÓN.....	38
2.5.2.	VIGAS METÁLICAS.....	39
2.5.3.	VIGAS DE PERFILES LAMINADOS .....	39
2.5.4.	VIGAS COMPUESTAS POR PLACAS .....	39
2.6.	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	40
2.6.1.	HORMIGÓN ARMADO .....	40
2.6.2.	ACERO DE REFUERZO .....	40
2.6.3.	ACERO ESTRUCTURAL.....	40
2.7.	DISEÑO SÍSMICO DE PUENTES .....	40

2.7.1.	COEFICIENTE DE ACELERACIÓN “Z” .....	40
2.8.	DEFINICIONES DE ESTUDIOS PRELIMINARES .....	42
2.8.1.	DEFINICIÓN DE ESTUDIO DE TRÁFICO .....	42
2.8.1.1.	AFORO DE TRÁFICO .....	42
2.8.1.2.	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL .....	42
2.8.1.3.	TPDA ACTUAL.....	43
2.8.1.4.	Tráfico proyectado.....	44
2.8.1.5.	Tráfico Desarrollado.....	44
2.8.1.6.	Tráfico desviado .....	45
2.8.1.7.	Tráfico generado.....	45
2.8.2.	NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO.....	46
2.8.2.1.	VELOCIDAD DE DISEÑO .....	46
2.8.1.2.	RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES.....	47
2.8.1.3.	PENDIENTES MÁXIMAS Y MÍNIMAS.....	47
2.8.1.4.	CURVAS VERTICALES .....	47
2.8.3.	DEFINICIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS .....	49
2.8.4.	DEFINICIÓN DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS .....	49
2.8.4.1.	PARÁMETROS CLIMÁTICOS .....	50
2.8.4.1.1.	TEMPERATURA.....	50
2.8.4.1.2.	HUMEDAD RELATIVA.....	50
2.8.4.1.3.	VELOCIDAD DEL VIENTO .....	51
2.8.4.1.4.	PRECIPITACIÓN .....	51
2.8.5.	Evaporación.....	52
2.8.6.	Evapotranspiración potencial (ETP) .....	52
2.8.7.	BALANCE HÍDRICO .....	52
2.8.8.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA .....	53
2.9.	DEFINICIÓN DE ESTUDIO AMBIENTAL .....	58
CAPÍTULO III .....		59
3.	METODOLOGÍA .....	59
3.1.	TIPO DE ESTUDIO .....	59
3.2.	MÉTODO .....	59
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	59

3.4.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	61
3.5.	PROCEDIMIENTOS .....	62
3.5.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	62
3.5.2.	ESTUDIO DE TRÁFICO .....	64
3.5.2.1.	CONTEO VEHICULAR.....	64
3.5.2.2.	DETERMINACIÓN DEL T.P.D.A.....	64
3.5.2.3.	CÁLCULO DEL TPDA .....	65
3.5.2.4.	TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL .....	65
3.5.3.	ESTUDIO DE SUELO.....	66
3.5.4.	ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	67
3.5.5.	PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO .....	68
CAPÍTULO IV	.....	69
4.	ESTUDIOS REALIZADOS .....	69
4.1.	ESTUDIO TOPOGRÁFICO .....	69
4.1.1.	ANTECEDENTES .....	69
4.1.2.	PROCEDIMIENTO .....	70
4.1.2.1.	RECONOCIMIENTO DE CAMPO.....	70
4.1.2.2.	REVISIÓN DE INFORMACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO.....	70
4.1.3.	TRABAJOS DE LEVANTAMIENTO .....	71
4.1.4.	EQUIPOS UTILIZADOS .....	71
4.2.	ESTUDIO DE TRÁFICO.....	73
4.2.1.	Estimación de la demanda.....	73
4.2.2.	Metodología .....	73
4.2.3.	Cálculo del TPDA .....	73
4.2.4.	Tasa de crecimiento vehicular.....	74
4.2.5.	TPDA Desviado .....	74
4.2.6.	TPDA actual.....	74
4.2.7.	TPDA Futuro.....	75
4.3.	ESTUDIO DE SUELO .....	77
4.3.1.	ANTECEDENTES .....	77
4.3.2.	PROCEDIMIENTO .....	78
4.3.2.1.	TRABAJOS DE CAMPO .....	78

4.3.2.2.	TRABAJOS DE LABORATORIO .....	78
4.3.2.3.	NORMAS UTILIZADAS .....	78
4.3.3.	DESCRIPCIÓN DEL SUELO .....	79
4.3.4.	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	81
4.3.5.	CAPACIDAD DE CARGA .....	81
4.4.	ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	83
4.4.1.	ANTECEDENTES .....	83
4.4.2.	UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	84
4.4.3.	OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	84
4.4.4.	PROCEDIMIENTO .....	84
4.4.4.1.	METODOLOGÍA .....	84
4.4.4.2.	TRABAJO DE CAMPO .....	86
4.5.	ESTUDIO AMBIENTAL .....	87
4.5.1.	ANTECEDENTES .....	87
4.5.2.	PROCEDIMIENTO .....	88
4.5.2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....	88
CAPÍTULO V .....		90
5.	RESULTADOS .....	90
5.1.	RESULTADOS DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO .....	90
5.1.1.	CREACIÓN DE MODELO DIGITAL Y SUPERFICIE CON CURVAS .....	90
5.1.2.	RESULTADOS DE LEVANTAMIENTO .....	90
5.1.3.	PUNTOS DE TOPOGRAFÍA .....	91
5.2.	RESULTADOS DEL ESTUDIO de tráfico .....	96
5.2.1	TPDA .....	96
5.3.	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELO .....	97
5.3.1.	cálculos .....	97
5.3.2.	cálculo de pilotaje .....	98
5.4.	RESULTADOS DEL ESTUDIO hidrológico .....	106
5.4.1.	PARÁMETROS CLIMÁTICOS .....	106
5.4.2.	TEMPERATURA .....	107
5.4.3.	HUMEDAD RELATIVA .....	108
5.4.4.	HELIOFANIA .....	109

5.4.5.	Velocidad del viento .....	109
5.4.6.	Evaporación .....	109
5.4.7.	Evapotranspiración potencial (ETP) .....	110
5.4.8.	PRECIPITACIÓN.....	113
5.4.8.1.	Factores que determinan la presencia de las precipitaciones en la provincia de Esmeraldas.....	114
5.4.8.2.	Precipitación media mensual y anual .....	114
5.4.9.	BALANCE HÍDRICO .....	115
5.4.10.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA .....	117
5.4.11.	PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO .....	124
5.4.11.1.	RECURRENCIA DE DISEÑO.....	124
5.4.12.	DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN .....	125
5.4.13.	HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO.....	126
5.5.	RESULTADOS DEL ESTUDIO ambiental.....	128
5.5.1.	GEOMORFOLOGÍA.....	128
5.5.2.	CLASES AGROLÓGICAS .....	129
5.5.3.	ZONAS ECOLÓGICAS – VEGETACIÓN .....	130
5.5.4.	CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS DEL ÁREA DEL PROYECTO .....	132
5.5.4.1.	COBERTURA VEGETAL Y USO ACTUAL DEL SUELO .....	132
5.5.5.	DESCRIPCIÓN FLORÍSTICA .....	136
5.5.6.	DESCRIPCIÓN ZOOLOGICA .....	138
5.5.7.	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES.....	139
CAPITULO VI.....		143
6.	discusión.....	143
CAPITULO VII.....		145
7.	conclusiones y recomendaciones .....	145
7.1.	CONCLUSIONES.....	145
7.2.	RECOMENDACIONES .....	148
CAPITULO VIII .....		151
8.	propuesta .....	151
8.1.	TÍTULO DE LA PROPUESTA .....	151
8.2.	INTRODUCCIÓN.....	151

8.3.	OBJETIVOS.....	152
8.3.1.	Objetivo general .....	152
8.3.2.	Objetivos específicos.....	152
8.4.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	152
8.5.	Descripción de la propuesta.....	161
8.5.1.	PASOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE UN PUENTE COLGANTE EN CSI BRIDGE 2016 .....	162
8.5.2.	DEFINICIÓN DE LA SUPER-ESTRUCTURA .....	165
8.5.3.	DEFINICIÓN DE LA SUB-ESTRUCTURA .....	166
8.5.4.	DEFINIR EL PATRÓN DE CARGAS.....	167
8.5.5.	DISEÑO DE LOS ESTRIBOS Y CIMENTACION.....	179
8.5.6.	GEOMETRÍA DEL ESTRIBO .....	179
8.5.7.	CARGAS.....	181
	DISEÑO DEL CUERPO DEL ESTRIBO.....	185
	DISEÑO DE LA ZAPATA .....	186
	ELEMENTOS ADICIONALES .....	190
8.6.	DISEÑO ORGANIZACIONAL.....	193
8.7.	MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.....	194
8.8.	CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA .....	194
	CAPITULO IX.....	195
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	195
	CAPITULO X.....	196
10.	ANEXOS.....	196

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Provincia de Esmeraldas - Cantón San Lorenzo .....	22
Ilustración 2: Puente de viga división azul en Valladolid Río Pisuerga .....	29
Ilustración 3: Viaducto de Garabit, Francia. ....	30
Ilustración 4: Puente Golden Gate Bridge.....	30
Ilustración 5: Puente Ingeniero Carlos Fernández Casado Barrio Luna, León, España .....	31
Ilustración 6: Detalle de losa.....	38
Ilustración 7: Zonas Sísmicas del Ecuador .....	41
Ilustración 8: Estación Total CX 105 .....	72
Ilustración 9: Antena GPS Leica.....	72
Ilustración 10: Detalle de cimentación abscisa 0+285.20 .....	104
Ilustración 11: Detalle de cimentación abscisa 0+390.20 .....	105
Ilustración 12: Balance hídrico LLUVIA – ETP .....	117
Ilustración 13: Curva de masas de precipitación.....	127
Ilustración 14: Hietograma de diseño.....	127
Ilustración 15: Morfología de la zona de influencia directa del puente .....	129
Ilustración 16: Clases Agrológicas en la zona de influencia directa del puente colgante .....	130
Ilustración 17: Cobertura vegetal y uso del suelo .....	133
Ilustración 18: Bosque muy intervenido en la zona de estudio.....	134
Ilustración 19: Guandal en la zona de estudio.....	135
Ilustración 20: Manglillo en la zona de estudio .....	135
Ilustración 21: Cultivo de palma africana en la zona de estudio.....	136
Ilustración 22: Avicennia germinans, especie encontrada en la zona de estudio.....	138
Ilustración 23: Coragyps atratus, especie encontrada en la zona de estudio.....	139
Ilustración 24: VISTA LATERAL DEL PUENTE.....	170
Ilustración 25: VISTA EN EL PLANO XZ .....	171
Ilustración 26: VISTA EN EL PLANO YZ .....	171
Ilustración 27: VISTA EN 3D.....	172
Ilustración 28: MODELACIÓN DEL PUENTE.....	173
Ilustración 29: DEFORMADA MÁXIMA .....	174

Ilustración 30: Diagrama de momento de acuerdo a la carga muerta .....	174
Ilustración 31: Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga exterior .....	175
Ilustración 32: Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga interior .....	175
Ilustración 33: Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga exterior .....	176
Ilustración 34: Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga interior.....	176
Ilustración 35: Demanda de capacidad de la viga .....	177
Ilustración 36: Demanda capacidad de la viga.....	178
Ilustración 37: Aplicación de la carga Truck .....	178
Ilustración 38: Elevación frontal del estribo .....	179
Ilustración 39: Planta del estribo .....	180
Ilustración 40: Esquema de dimensiones del estribo .....	180
Ilustración 41: Cargas vivas del estribo .....	181
Ilustración 42: Cargas muertas del estribo .....	181
Ilustración 43: Momentos 11 (KN-m/m) .....	182
Ilustración 44: Momentos 22 (KN-m/m) .....	183
Ilustración 45: Cortante V23 (KN/m) .....	183
Ilustración 46: Cortante V13 (KN/m) .....	184
Ilustración 47: Cargas sobre los pilotes (tonf) .....	184
Ilustración 48: Cargas sobre los pilotes (tonf) .....	185
Ilustración 49: Bloque de anclaje .....	187
Ilustración 50: Resistencia de la tierra .....	189
Ilustración 51: Superficie de anclaje .....	189
Ilustración 52: Placa de conexión.....	191
Ilustración 53: Conexión cables .....	191
Ilustración 54: Placa de conexión péndolas .....	192
Ilustración 55: Placa de conexión péndolas .....	192

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Densidades de materiales .....	33
Tabla 2: Combinaciones de cargas y Factores de Carga .....	35
Tabla 3: Factores de carga para cargas permanentes .....	35
Tabla 4: Fuerzas de Diseño para Barandas .....	36
Tabla 5: Valores de $V_0$ y $Z_0$ .....	37
Tabla 6: Presiones básicas $P_B$ correspondientes a $V_B = 160\text{km/h}$ .....	37
Tabla 7: Profundidades mínimas utilizadas para superestructuras.....	38
Tabla 8: Valores del factor $Z$ en función de la zona adoptada .....	41
Tabla 9: Clasificación Funcional de las Vías en Base al TPDA .....	46
Tabla 10: Curvas Verticales Convexas y Cóncavas Mínimas.....	48
Tabla 11: Valores de Diseño Recomendados para Carreteras y Caminos Vecinales .....	48
Tabla 12: Tipo Climático .....	54
Tabla 13: Variación estacional de la humedad efectiva.....	55
Tabla 14: Eficacia térmica media anual .....	56
Tabla 15: Concentración estival de la eficacia térmica.....	57
Tabla 16: Coordenadas de ubicación del puente sobre el Brazo de Mar Tambillo.....	69
Tabla 17: Coordenadas GPS .....	70
Tabla 18: Referencias de Campo .....	71
Tabla 19: Crecimiento Proyectado .....	74
Tabla 20: Estimación de TPDA .....	75
Tabla 21: TPDA 2015 .....	75
Tabla 22: Crecimiento Vehicular .....	76
Tabla 23: TPDA Futuro.....	76
Tabla 24: Normas Empleadas en Ensayos .....	79
Tabla 25: Ubicación del proyecto sobre el río Tambillito .....	84
Tabla 26: Descripción del Proceso.....	88
Tabla 27: Estadística de levantamiento .....	90
Tabla 28: Puntos de topografía.....	91
Tabla 29: Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.....	96

Tabla 30: Valores de diseño recomendadas para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción.....	97
Tabla 31: TERZAGHI Y PECK (1948).....	97
Tabla 32: MEYERHOF (1956).....	98
Tabla 33: Parry.....	98
Tabla 34: Capacidad portante de suelo 8plg (Sondeo 1).....	99
Tabla 35: Capacidad portante de suelo 10plg (Sondeo 1).....	99
Tabla 36: Capacidad portante de suelo 8plg (Sondeo 2).....	101
Tabla 37: Capacidad portante de suelo 10plg (Sondeo 2).....	102
Tabla 38: Capacidad portante de suelo 12plg (Sondeo 2).....	103
Tabla 39: Resumen Parámetros Climatológicos .....	106
Tabla 40: Evapotranspiración potencial ETP (mm).....	113
Tabla 41: Balance hídrico LLUVIA – ETP .....	116
Tabla 42: Tipo Climático .....	119
Tabla 43: Variación estacional de la humedad efectiva.....	120
Tabla 44: Eficacia térmica media anual .....	121
Tabla 45: Concentración estival de la eficacia térmica.....	123
Tabla 46: Coeficiente de riesgo R.....	124
Tabla 47: Cobertura vegetal y uso de suelo en la zona de influencia directa del puente .....	132
Tabla 48: Fórmulas para el cálculo de las deformaciones .....	173
Tabla 49: Dimensiones del estribo .....	180
Tabla 50: Carga de superestructura sobre estribo .....	182
Tabla 51: Cargas sobre estribo .....	182
Tabla 52: Momentos y cortantes sobre el estribo para diseño por resistencia I.....	185
Tabla 53: Diseño a flexión del cuerpo del estribo.....	186
Tabla 54: Diseño a cortante del cuerpo del estribo .....	186
Tabla 55: Diseño a flexión de la zapata .....	186
Tabla 56: Diseño a cortante de la zapata.....	186
Tabla 57: Tensores .....	192

## RESUMEN

Condición sine qua non para el transporte terrestre en el particular en el Ecuador y dentro de este la zona rural de la parroquia Tambillo del Cantón San Lorenzo Provincia de Esmeraldas es la construcción de puentes en los diversos obstáculos naturales existentes; en el caso del río Tambillito se hace indispensable la construcción de un puente habida cuenta que permitirá el transporte de diversos productos agrícolas, ganaderos, pesca, entre otros, a los mercados de la provincia de Esmeraldas y del país; así como también para dinamizar el turismo por la existencia de zonas turísticas las mismas que son frecuentadas constantemente por visitantes de otros lugares.

Producto del análisis previo de aspectos tales como: topografía, trazado vial, cauce del río, entre otros como consecuencia de los estudios realizados se determinó que la mejor alternativa es la construcción de un puente colgante; esto se hace factible en la parroquia antes mencionada sitio donde se ejecutará el proyecto el mismo que cumple con los requerimientos técnicos exigidos.

Con el finalidad de describir la propuesta de diseño estructural del proyecto del puente colgante sobre el río Tambillito localizado en las coordenadas latitud 737649.92, longitud 138303.77 altitud 6.36 msnm; en el presente documento se describe sistemáticamente el diseño del puente ya mencionado utilizando con este propósito el programa CSi BRIDGE 2016 el mismo que constituye una herramienta informática para modelar, analizar y diseñar la estructura de un puente en condiciones de eficiencia, eficacia y calidad en la obtención de resultados.

## Abstract

A SINE QUA NON condition or prerequisite for ground transportation, particularly in Ecuador and inside the rural zone of Tambillo of San Lorenzo County in the Province of Esmeraldas where the construction of bridges must be in correlation with the diverse existing natural obstacles. In the case of the river Tambillito, it is essential to build a bridge since it will allow the transportation of various agricultural products, livestock, fishing, among others, to the markets of the province of Esmeraldas and the country. As well as to boost tourism due to the existence of touristic areas that are constantly frequented by visitors from other places. The results of the previous analysis such as: topography, road layout, river channel, among others as a consequence of the studies carried out, it was determined that the best alternative is the construction of a suspension bridge. This becomes feasible in the aforementioned site where the project will be executed since it meets all the required technical necessities. With the purpose of describing the proposed structural design of a suspension bridge on the Tambillito River located in the coordinates (Latitude 737649.92, Longitude 138303.77 and Altitude 6.36 m.a.s.l), this document systematically describes the design of the previously mentioned bridge using the CSI BRIDGE 2016 program for this purpose. This is an IT tool for modeling, analyzing and designing a bridge structure in conditions reflecting efficiency, competence and quality in the results.

  
Reviewed by: Ponce, Maria  
Language Center Teacher



## INTRODUCCIÓN

En virtud de que los puentes constituyen un vínculo vial de gran importancia para salvar obstáculos naturales tales como: ríos, valles, lagos, quebradas o brazos de mar; es de gran interés para el desarrollo y mejoramiento vial el permanente perfeccionamiento estructural de los puentes aprovechando eficientemente el conocimiento tecnológico generado por la capacidad humana; lo cual conlleva consecuentemente al progreso y bienestar de la comunidad beneficiaria correspondiente.

Tomando en consideración que para la construcción de un puente se requiere el análisis previo de aspectos tales como: topografía, trazado vial, cauce del río, entre otros como consecuencia de los estudios realizados se determinó que la mejor alternativa es la construcción de un puente colgante; esto se hace factible en la parroquia Tambillo Cantón San Lorenzo lugar en donde se ejecutara el proyecto el mismo que cumple con los requerimientos técnicos exigidos.

Con el propósito de describir la propuesta de diseño estructural del proyecto del puente colgante sobre el río Tambillito localizado en las coordenadas latitud 737649.92, longitud 138303.77 altitud 6.36 msnm; en el presente documento se describe sistemáticamente el diseño del puente ya mencionado utilizando con este propósito el programa CSi BRIDGE 2016 el mismo que constituye una herramienta informática para modelar, analizar y diseñar la estructura de un puente en condiciones de eficiencia, eficacia y calidad en la obtención de resultados.

La presente investigación para la construcción del puente antes mencionado busca contribuir favorablemente en aspectos tales como: movilidad, conectividad, producción agrícola, ganadera y turismo lo cual contribuye directamente en el buen vivir de la comunidad.

# **CAPÍTULO I**

## **1. PROBLEMATIZACIÓN**

### **1.1. TEMA DEL TRABAJO DE GRADO**

Análisis de las alternativas de cruce vehicular sobre el río Tambillito en la parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas.

### **1.2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Siendo la movilidad un factor importante de comunicación entre los habitantes de una comunidad; al existir un elemento natural el río Tambillito que separa a la población entre los márgenes izquierdo y derecho en la parroquia Tambillo Cantón San Lorenzo Provincia Esmeraldas; la construcción de un puente vehicular constituye una necesidad imperiosa para sus moradores, por tan razón previamente se requiere de los estudios técnicos inherentes a la obra esto es, estudios de suelos, topografía, diseño, cálculos estructurales , entre otros; tomando en consideración que se trata de garantizar la seguridad y confiabilidad de los transeúntes, la previsión de posibles fenómenos naturales así como también la durabilidad de la obra.

La parroquia Tambillo se encuentra localizado en el cantón San Lorenzo de la Provincia de Esmeraldas, aproximadamente a 140 km de la ciudad de Esmeraldas; es considerada como la parroquia rural rodeada por más ríos, mares y bosques. Según datos obtenidos, en el tiempo de su creación Tambillo lindaba territorialmente con grandes brazos de mar y ríos, entre ellos: el estero Najurungo, un brazo de mar de Limones, esteros de los ríos Chontaduro, Salto, Ostiones (en la Bahía del Pailón) y Ascensión.

Entre las principales actividades económicas de la parroquia tenemos: la agricultura por contar con tierras que son altamente cotizadas en cuanto a proyectos de siembra de palma africana; a más de la ganadería y pesca marítima y fluvial.

Con estas características la parroquia Tambillo constituye un lugar de la provincia de Esmeraldas de gran importancia en lo productivo y turístico; y al ser la viabilidad condición primordial para el progreso y desarrollo de las comunidades, se hace imprescindible el análisis de las alternativas de cruce vehicular sobre el Rio Tambillito en la Parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas.

### **1.3. ANÁLISIS CRÍTICO**

Las estructuras de puentes requieren de una participación técnica especializada que permita establecer las características, condiciones, proporciones de uso, afectaciones y estado de la obra; proyectando la factibilidad de su presupuesto, mantenimiento y durabilidad de la misma.

Como factores fundamentales que inciden en el comportamiento de las estructuras de puentes constan los fenómenos naturales los mismos que son imprevisibles y causan considerables daños (erosiones y socavaciones), a las obras de infraestructura vial dependiendo de su magnitud. Estas dificultades se presentan con mayor perseverancia debido al descuido y a las condiciones precarias de mantenimiento en las que se encuentran muchas estructuras de puentes, lo cual ocasiona problemas de funcionabilidad y obstáculos en la movilidad de los usuarios de las obras.

Con este antecedente se hace imprescindible un estudio técnico acorde con los requerimientos y necesidades estructurales que prueben una obra de excelente calidad, garantizando su estabilidad, seguridad, y durabilidad dentro de los parámetros de vida útil.

## **1.4. PROGNOSIS**

En la parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas existen problemas de comunicación entre los recintos aledaños a la cabecera parroquial según información de los directivos el principal obstáculo radica en el cruce del río Tambillito, que es el que divide la cabecera parroquial con un gran número de recintos; esta situación comunicacional produce la necesidad de la construcción de un puente el cual facilitara el transporte, el comercio, el turismo y demás actividades relacionadas con la conectividad; es entonces que surge como prioridad la gestión de las autoridades de la parroquia para la planificación de la obra como necesidad comunitaria ante los estamentos cuya competencia les corresponde como es el caso del Municipio y Gobierno Provincial de Esmeraldas.

## **1.5. DELIMITACIÓN**

### **1.5.1. DELIMITACIÓN ÁREA DEL PROYECTO**

El proyecto se realizará en la parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas; el cual se encuentra localizado en la parte septentrional del Ecuador, frontera norte de la provincia de Esmeraldas. Limita al norte con la República de Colombia, hacia el sur con el cantón San Lorenzo, al este con las provincias de Carchi e Imbabura y hacia el oeste con el Océano Pacífico. El ancho del río Tambillito donde se pretende realizar el proyecto es de 105 metros, según los datos proporcionados por el estudio topográfico realizado.

El proyecto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

<b>COORDENADAS</b>	
Latitud	737649.92
Longitud	138303.77
Altitud	6.36 msnm

**Ilustración 1:** Provincia de Esmeraldas - Cantón San Lorenzo



## **1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Al contar esta parroquia con una variedad de actividades económicas tales como: agricultura, ganadería, pesca, turismo, entre otros la construcción de una estructura de comunicación sobre el río Tambillito no solo facilita el tránsito vehicular sino que dinamizara la movilidad de los productos y actividades que generan beneficios para la comunidad y consecuentemente el buen vivir de los mismos

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la alternativa más adecuada de cruce vehicular sobre el río Tambillito parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas en función de los análisis técnicos y económicos.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Efectuar el levantamiento de la información socioeconómica del sector y recopilar la información secundaria existente.
- Realizar el levantamiento topográfico y procesar la información recabada.
- Efectuar el estudio de tráfico y procesar la información recaudada.
- Realizar el estudio de suelos.
- Efectuar el estudio hidrológico.
- Ejecutar el diseño y cálculo estructural de la infraestructura y superestructura de la alternativa de puente seleccionada.
- Realizar el presupuesto referencial y cronograma del proyecto.
- Efectuar el estudio de impacto ambiental y el plan de manejo.

## **1.8. HIPÓTESIS**

En virtud de la necesidad del análisis de las alternativas de cruce vehicular sobre el rio Tambillito ¿Podría ser factible la elaboración del proyecto para la posible construcción del puente vehicular en el lugar antes mencionado?

## **1.9. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación acerca de la realización del análisis de las alternativas de cruce vehicular sobre el rio Tambillito de la Parroquia Tambillo en el cantón San Lorenzo de la Provincia de Esmeraldas asume la importancia de establecer el sitio específico para la ubicación, adecuación del lugar y consecuentemente la realización de los estudios preliminares inherentes al proyecto de la obra.

Los motivos en la observación de este procedimiento son: necesidad de la movilidad vehicular de los habitantes del sector entre el margen izquierdo y derecho del rio Tambillito, el transporte de productos agrícolas, pecuarios y comercio en general para dinamizar la actividad económica de la parroquia y facilitar la promoción del turismo en este sector que cuenta con atractivos para esta actividad; y además visualizar un menor riesgo en el cruce del rio que en temporadas invernales ocasiona mayores dificultades.

De lo expresado en el párrafo anterior se determina como beneficiarios directos a los moradores y vecinos del sector; e indirectamente a los turistas, comerciantes y transportistas.

Es necesario realizar este análisis porque permitirá brindar posibilidades de desarrollo y buen vivir a los moradores de las comunidades aledañas a la cabecera parroquial proporcionando un acceso de mayor agilidad y eficiencia.

## **CAPÍTULO II**

### **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1. DEFINICIÓN DE PUENTE**

Por lo general, el termino puente se utiliza para describir a las estructuras viales, con trazado por encima de la superficie, que permiten vencer obstáculos naturales como ríos, quebradas, hondonadas, canales, entrantes de mar, estrechos de mar, lagos, etc.

Un puente a más de ser una estructura de ingeniería que sirve para comunicar dos extremos, es una construcción que permite salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico.

El diseño en cada puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que el puente es construido.

#### **2.2. ELEMENTOS DE UN PUENTE**

##### **2.2.1. SUPERESTRUCTURA**

La superestructura es la parte superior de un puente que se construye sobre los apoyos como son: tablero, cables o tensores, torres, vigas (longitudinales y transversales), estructura metálica, entre otras. Siendo estos los principales elementos estructurales que constituyen el tramo horizontal.

Además tenemos elementos secundarios que sirven de complemento de la estructura entre ellos tenemos: parapetos, aceras, diafragmas, capa de rodadura, arriostramientos.

### **2.2.2. TABLERO**

Resiste directamente las cargas por medio de las armaduras y las transmite a los estribos para finalmente llegar a sus cimientos.

### **2.2.3. CABLE PRINCIPAL**

Es un elemento flexible anclado en cada extremo del puente soportando esfuerzos axiales de tracción que se coloca en forma de arco invertido para soportar las cargas transmitidas de la estructura a los tensores verticales.

### **2.2.4. TORRES**

Las torres en cada lado del puente transmiten la totalidad de las cargas de los tensores hacia la cimentación. Para reducir la carga a soportar la sección transversal de la torre cambia a una determinada altura dependiendo del cálculo previo realizado con la finalidad de reducir el peso en ellas.

### **2.2.5. VIGAS**

Dentro de los elementos de un puente encontramos vigas longitudinales y transversales que permiten salvar el vano, contando con un gran número de formas como vigas de cajón, rectas, pórticos, arcos, etc.

### **2.2.6. SUBESTRUCTURA**

La subestructura o infraestructura comprende de todos los elementos que son utilizados para soportar la superestructura además de las cargas vivas para las cuales fue diseñada. Los componentes básicos de la subestructura consisten de los siguientes:

- Apoyos
- Estribos
- Pilas
- Cimentación
  - Zapatas
  - Pilotes

### **2.2.7. APOYOS**

Son elementos por lo general de neopreno (caucho sintético), localizados en la parte inferior de las vigas que contienen chapas de acero cubiertas completamente de elastómero por los cuales el tablero transmite sus cargas a las pilas y/o estribos.

### **2.2.8. ESTRIBOS**

Se ubican en los extremos del puente y sostienen el empuje de los taludes que conducen a él, sirviendo de soporte del tablero y muros de alas que sirven para la contención del terreno.

### **2.2.9. PILAS**

Son elementos intermedios de dos o más tramos los cuales soportan las cargas permanentes y sobrecargas transmitidos por los apoyos en su parte superior, para posteriormente transportarlas a los cimientos (zapatas y/o pilotes).

## 2.2.10. CIMENTACIÓN

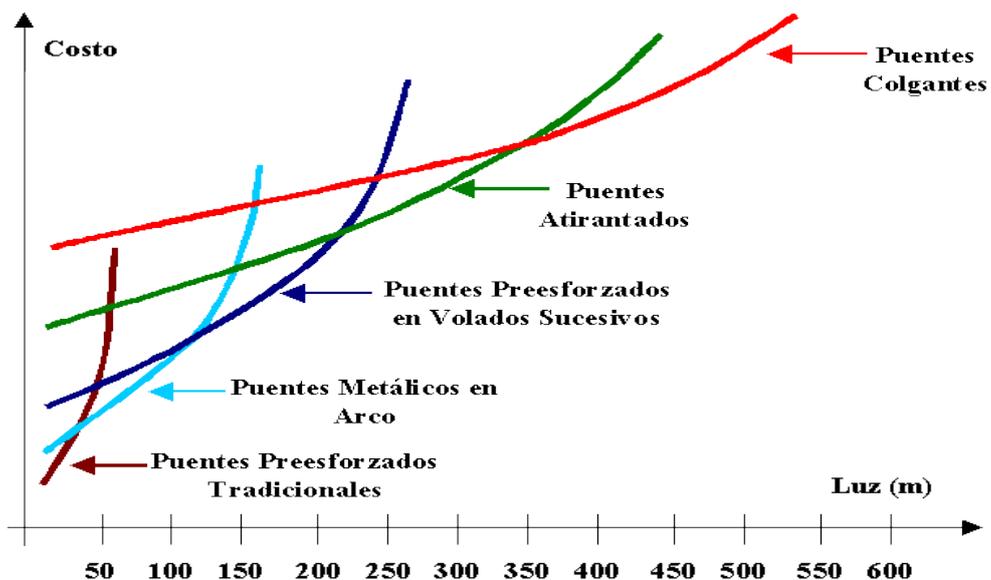
La cimentación es un elemento de la subestructura del puente que soporta las cargas transmitidas de los estribos y pilas de la estructura para posteriormente transportar y repartirlas al suelo.

## 2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES

### 2.3.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE PUENTES

En muchos casos no es posible evitar la construcción y diseño de puentes que tengan que salvar grandes luces de manera que la única solución es diseñar un puente para satisfacer este requerimiento.

Uno de los aspectos que se deben tomar en cuenta es determinar la mejor alternativa dependiendo de las configuraciones del terreno donde se va a implantar dicha estructura. Otro aspecto importante es realizar el análisis COSTO vs. LUZ del proyecto a realizar y determinar el más óptimo para nuestro diseño.



Entre los principales tipos de puentes de gran longitud tenemos los siguientes: Puentes sobre vigas, puentes en arco, puentes colgantes y puentes atirantados.

### **2.3.2. PUENTES SOBRE VIGAS**

Son puentes cuyos vanos son soportados por vigas que pueden ser de madera, acero o concreto ya sea armado o preforzado. Dichos puentes pueden salvar luces de 80 a 220 metros considerando la topografía del sitio, los materiales disponibles en la zona además de las cargas que este va a soportar garantizando de esta manera parámetros de seguridad y calidad a la estructura.

**Ilustración 2:** Puente de viga división azul en Valladolid Río Pisuerga



### **2.3.3. PUENTE DE ARCO**

Son puentes con apoyos a los extremos del vano, entre los cuales se halla una estructura con forma de arco, por donde se transmiten las cargas. El tablero puede estar apoyado o colgado de esta estructura principal, dando origen a distintos tipos de puentes.

Los puentes en arco trabajan transfiriendo el peso propio del puente y las sobrecargas de uso hacia los apoyos mediante la compresión del arco, donde se transforma en un empuje horizontal y una carga vertical. Normalmente la esbeltez del arco (relación entre la flecha máxima y la luz) es alta, haciendo que los esfuerzos horizontales sean mucho mayores que los verticales. Por este motivo son adecuados en sitios capaces de proporcionar una buena resistencia al empuje horizontal.

**Ilustración 3:** Viaducto de Garabit, Francia.



#### **2.3.4. PUENTES COLGANTES**

Son puentes que pueden ser convenientes para salvar luces superiores a los 100 metros sostenidos por un cable invertido denominado catenaria de la que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales. Desde la antigüedad este tipo de puentes han sido utilizados por la humanidad para salvar grandes longitudes de ríos, mares o precipicios. A través de los siglos con la introducción y mejora de distintos materiales de construcción este tipo de puentes son capaces de soportar el tráfico rodado e incluso líneas del ferrocarril ligeras.

**Ilustración 4:** Puente Golden Gate Bridge



### **2.3.5. PUENTES ATIRANTADOS**

Son aquellos cuyo tablero está suspendido de uno o varios pilones centrales mediante obenques que salvan luces de 100 metros en adelante. Se distingue de los puentes colgantes porque en estos los cables principales se disponen de pila a pila, sosteniendo el tablero mediante cables secundarios verticales, y porque los puentes colgantes trabajan principalmente a tracción, y los atirantados tienen partes a tracción y otras a compresión. También hay variantes de estos puentes en que los tirantes van desde el tablero hasta el pilar situado a un lado, y desde este al suelo, o bien estar unidos al pilar solo.

**Ilustración 5:** Puente Ingeniero Carlos Fernández Casado Barrio Luna, León, España



## **2.4. CONSIDERACIONES GENERALES CON LAS NORMAS**

### **AASHTO LRFD**

El uso de las normas AASHTO LRFD es indispensable en la construcción de estructuras debido a que brindan mayor seguridad ya que poseen factores de carga y resistencias basados en estados límites que se deben cumplir, generando un margen de seguridad en el diseño de la misma.

### **2.4.1. DENOMINACIÓN DE LAS CARGAS**

#### **Cargas Permanentes:**

DC = peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales

DW= peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos

EH = empuje horizontal del suelo

EL = tensiones residuales acumuladas resultantes del proceso constructivo, incluyendo las fuerzas secundarias del postensado

ES = sobrecarga de suelo

EV = presión vertical del peso propio del suelo de relleno

#### **Cargas Transitorias:**

BR = fuerza de frenado de los vehículos

CT = fuerza de colisión de un vehículo

EQ = sismo

FR = fricción

LL = sobrecarga vehicular

LS = sobrecarga de la carga viva

PL = sobrecarga peatonal

WA = carga hidráulica y presión del flujo de agua

WL = viento sobre la sobrecarga

WS = viento sobre la estructura

**Tabla 1: Densidades de materiales**

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Concreto	
Agregados de baja densidad y arena	1925
Normal, con $f'c \leq 357 \text{ kg/cm}^2$	2320
Normal, con $357 < f'c \leq 1071 \text{ kg/cm}^2$	$2240 + 2.29f'c$
Armado	Densidad Concreto Simple + 72 kg/m <sup>3</sup>
Superficies de rodamiento bituminosas	2250
Acero	7850
Hierro fundido	7200
Aleaciones de aluminio	2800
Arena, limo o arcilla compactados	1925
Arena, limo o grava sueltos	1600
Arcilla blanda	1600
Grava, macadan o balasto compactado a rodillo	2250
Madera dura	960
Madera blanda	800
Rieles para tránsito, durmientes y fijadores por vía	300 kg/m

## 2.4.2. FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGA (NORMAS AASHTO LRFD)

### Estados Límites:

- **RESISTENCIA I** – Combinación básica de cargas que representa el uso vehicular normal del puente, sin viento.
- **RESISTENCIA II** – Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos de diseño especiales especificados por el propietario, vehículos de circulación restringida, o ambos, sin viento.
- **RESISTENCIA III** – Combinación de cargas que representa el puente expuesto a vientos de velocidades superiores a 90 km/h.
- **RESISTENCIA IV** – Combinación de cargas que representa relaciones muy elevadas entre las solicitaciones provocadas por las cargas permanentes y las provocadas por las sobrecargas.

- **RESISTENCIA V** – Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos normales con una velocidad del viento de 90 km/h.
- **EVENTO EXTREMO I** – Combinación de cargas que incluye sismos.
- **EVENTO EXTREMO II** – Combinación de cargas que incluye carga de hielo, colisión de embarcaciones y vehículos, y ciertos eventos hidráulicos con una sobrecarga reducida diferente a la que forma parte de la carga de colisión de vehículos, CT.
- **SERVICIO I** – Combinación de cargas que representa la operación normal del puente con un viento de 90 km/h, tomando todas las cargas a sus valores normales.
- **SERVICIO II** – Combinación de cargas cuya intención es controlar la fluencia de las estructuras de acero y el resbalamiento que provoca la sobrecarga vehicular en las conexiones de resbalamiento crítico.
- **SERVICIO III** – Combinación de cargas relacionada exclusivamente con la tracción en superestructuras de hormigón pretensado, cuyo objetivo es controlar la fisuración.
- **SERVICIO IV** – Combinación de cargas relacionada exclusivamente con la tracción en subestructuras de hormigón pretensado, cuyo objetivo es controlar la fisuración.
- **FATIGA** – Combinación de cargas de fatiga y fractura que se relacionan con la sobrecarga gravitatoria vehicular respectiva y las respuestas dinámicas bajo un único camión de diseño.

**Tabla 2:** Combinaciones de cargas y Factores de Carga

Combinación de Cargas	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Usar sólo uno por vez				
										EQ	IC	CT	CY	
Estado Límite														
RESISTENCIA I (a menos que se especifique lo contrario)	$\gamma_p$	1,75	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
RESISTENCIA II	$\gamma_p$	1,35	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
RESISTENCIA III	$\gamma_p$	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
RESISTENCIA IV – Sólo EH, EV, ES, DW, DC	$\gamma_p$ 1,5	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-	-	-
RESISTENCIA V	$\gamma_p$	1,35	1,00	0,40	1,0	1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
EVENO EXTREMO I	$\gamma_p$	$\gamma_{EQ}$	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-
EVENO EXTREMO II	$\gamma_p$	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00
SERVICIO I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,0	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
SERVICIO II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-	-	-
SERVICIO III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$	-	-	-	-	-
SERVICIO IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,0	-	-	-	-	-
FATIGA - Sólo LL, IM y CE	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabla 3:** Factores de carga para cargas permanentes

Tipo de carga	Factor de Carga	
	Máximo	Mínimo
DC: Elemento y accesorios	1,25	0,90
DC: Sólo Resistencia IV	1,50	0,90
DD: Fricción negativa (downdrag): Pilotes, Método Tomlinson $\alpha$	1,40	0,25
Pilotes, Método $\lambda$	1,05	0,30
Ejes perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1,25	0,35
DW: Superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos	1,50	0,65
EH: Empuje horizontal del suelo		
• Activo	1,50	0,90
• En reposo	1,35	0,90
EL: Tensiones residuales de montaje	1,00	1,00
EV: Empuje vertical del suelo		
• Estabilidad global	1,00	N/A
• Muros de sostenimiento y estribos	1,35	1,00
• Estructura rígida enterrada	1,30	0,90
• Marcos rígidos	1,35	0,90
• Estructuras flexibles enterradas u otras, excepto alcantarillas metálicas rectangulares	1,95	0,90
• Alcantarillas metálicas rectangulares flexibles	1,50	0,90
ES: Sobrecarga de suelo	1,50	0,75

### 2.4.3. CARGAS EN VEREDAS

En las aceras que midan más de 0.60m de ancho se aplicará una carga peatonal de 367 kg/m<sup>2</sup> la misma que se considerará en la sobrecarga vehicular del diseño.

Además hay que tomar en cuenta que en puentes peatonales se diseñarán con una sobrecarga de 418 kg/m<sup>2</sup>.

#### 2.4.4. CARGAS EN BARANDAS

##### PL-1 Primer nivel de importancia

Se usa en estructuras cortas y de bajo nivel sobre puentes rurales y áreas donde el número de vehículos pesados es pequeño y las velocidades son reducidas.

##### PL-2 Segundo nivel de importancia

Se usa en estructuras grandes y velocidades importantes en puentes urbanos y en áreas donde hay variedad de vehículos pesados y las velocidades son las máximas tolerables.

##### PL-3 Tercer nivel de importancia

Se usa para autopistas con radios de curvatura reducidos, pendientes variables fuertes, un volumen alto de vehículos pesados y con velocidades máximas tolerables. Justificación específica de este tipo de lugar será hecho para usar este nivel de importancia.

**Tabla 4:** Fuerzas de Diseño para Barandas

Designación de Fuerzas y Designaciones	Por niveles de importancia de Puentes		
	PL-1	PL-2	PL-3
$F_t$ transversal (t)	12.3	24.5	52.6
$F_l$ longitudinal (t)	4.1	8.2	17.6
$F_v$ vertical abajo (t)	2.05	8.2	22.64
$L_2$ y $L_1$ (m)	1.22	1.07	2.44
$L_v$ (m)	5.50	5.50	12.2
$H_e$ mín (m)	0.51	0.81	1.02
Mínima altura del pasamano (m)	0.51	0.81	1.02

## 2.4.5. CARGAS DE VIENTO

**WL** = La presión horizontal del viento se consideran uniformemente distribuidas sobre el área expuesta al viento. Se deberá tomar en cuenta la siguiente fórmula para puentes que se encuentren a más de 10 m sobre el nivel del agua.

**Tabla 5:** Valores de  $V_0$  y  $Z_0$

CONDICIÓN	TERRENO ABIERTO	ÁREA SUBURBANA	ÁREA URBANA
$V_0$ (km/h)	13.2	17.6	19.3
$Z_0$ (m)	0.07	1.00	2.50

**WS** = La presión de viento sobre las estructuras se calculan con la siguiente formula.

**Tabla 6:** Presiones básicas **PB** correspondientes a  $V_B = 160\text{km/h}$

COMPONENTE DE LA SUPERESTRUCTURA	CARGA A BARLOVENTO ( $\text{kg/m}^2$ )	CARGA A SOTAVENTO ( $\text{kg/m}^2$ )
Reticulados, columnas y arcos	245	122
Vigas	245	No Aplicable
Grandes superficies planas	194	No Aplicable

## 2.4.6. EFECTOS SÍSMICOS

**EQ**= Cuando las fuerzas sísmicas se consideran en una sola dirección se tomarán en cuenta la suma del valor absoluto obtenido con un valor del 100% y cuando se de en dirección perpendicular se tomará el 30%.

## 2.5. PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE UN PUENTE

El prediseño de los elementos de un puente nos sirve para definir las dimensiones tanto de la sub-estructura como de la super-estructura del puente cumpliendo con parámetros mínimos que nos indica la norma AASHTO LRFD.

**Tabla 7:** Profundidades mínimas utilizadas para superestructuras

Superestructura		Profundidad mínima (incluyendo el tablero) Si se utilizan elementos de profundidad variable, estos valores se pueden ajustar para considerar los cambios de rigidez relativa de las secciones de momento positivo y negativo.	
Material	Tipo	Tramos simples	Tramos continuos
Hormigón Armado	Losas con armadura principal paralela al tráfico	$\frac{1,2(S+3000)}{30}$	$\frac{S+3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$
	Vigas T	$0,070 L$	$0,065 L$
	Vigas cajón	$0,060 L$	$0,055 L$
	Vigas de estructuras peatonales	$0,035 L$	$0,033 L$
Hormigón Pretensado	Losas	$0,030 L \geq 165 \text{ mm}$	$0,027 L \geq 165 \text{ mm}$
	Vigas cajón coladas in situ	$0,045 L$	$0,040 L$
	Vigas doble T prefabricadas	$0,045 L$	$0,040 L$
	Vigas de estructuras peatonales	$0,033 L$	$0,030 L$
	Vigas cajón adyacentes	$0,030 L$	$0,025 L$
Acero	Profundidad total de una viga doble T compuesta	$0,040 L$	$0,032 L$
	Profundidad de la porción de sección doble T de una viga doble T compuesta	$0,033 L$	$0,027 L$
	Cerchas	$0,100 L$	$0,100 L$

Fuente: AASHTO LRFD 2012, sección 2.5.2.6.3-1

### 2.5.1. LOSAS DE HORMIGÓN

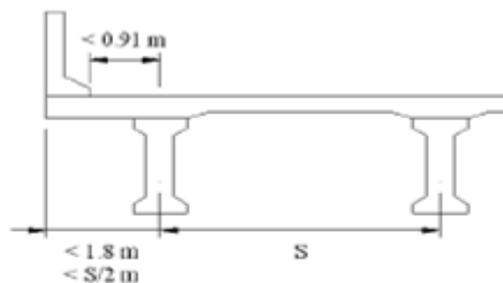
La norma AASHTO LRFD dice que la longitud del volado debe de ser de 1.80 m ó la mitad de la longitud de S, además limita la longitud de la calzada del volado a 0.91 m.

Se debe considerar que la línea de acción de la carga de la rueda es de 0.30 m. de la cara del bordillo, si la losa no tiene bordillo la carga se encuentra a 0.30 m. de la cara de la baranda.

**Donde:**

**S**=separación de las vigas.

**Ilustración 6:** Detalle de losa



### **2.5.2. VIGAS METÁLICAS**

Para el diseño de las vigas metálicas se consideran las especificaciones del American Institute of Steel Construction (AISC) dentro de la cual constituye que se debe realizar chequeos de esbeltez, resistencia a momento y cortante ya sean vigas armadas o laminadas.

### **2.5.3. VIGAS DE PERFILES LAMINADOS**

Las vigas de perfiles laminados se usan en tramos cortos, generalmente se utilizan los perfiles “ I ” que se encuentran compuestos de dos patines y un alma, en donde los patines resisten el momento flector y el alma los esfuerzos de corte que se presenten.

### **2.5.4. VIGAS COMPUESTAS POR PLACAS**

Las vigas compuestas por placas se utilizan en longitudes intermedias, son de mayor sección que una viga de perfil laminado.

Una viga compuesta está formada por:

**1. Platabandas:** Son placas de acero que se remachan o se sueldan sobre los patines superiores e inferiores de la viga compuesta y que se utilizan para aumentar la capacidad de carga de la misma.

**2. Rigidizadores de apoyo:** Están constituidos por placas o ángulos que se sueldan o se remachan en posición vertical al alma de la viga, en los sitios de apoyo. Su función principal es transmitir los esfuerzos de cortante del alma de la viga al dispositivo de apoyo elegido, lo cual evita el pandeo o aplastamiento de la misma.

## **2.6. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

### **2.6.1. HORMIGÓN ARMADO**

Según las normas del (ACI 318-08 pag.115) el  $f'_c$  del hormigón no puede tener una resistencia menor a 21 MPa para construcciones en puentes.

### **2.6.2. ACERO DE REFUERZO**

El refuerzo corrugado que resiste fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo en elementos, debe cumplir con las disposiciones de ASTM A706M. Se permite el uso de acero de refuerzo ASTM A615M, grados 280 y 420.

### **2.6.3. ACERO ESTRUCTURAL**

Los límites de fluencia  $f_y$  son de 2531 kg/cm<sup>2</sup> y 3515 kg/cm<sup>2</sup> para los aceros ASTM A36 y ASTM A588 Gr50 respectivamente que serían los más utilizados en la construcción de puentes

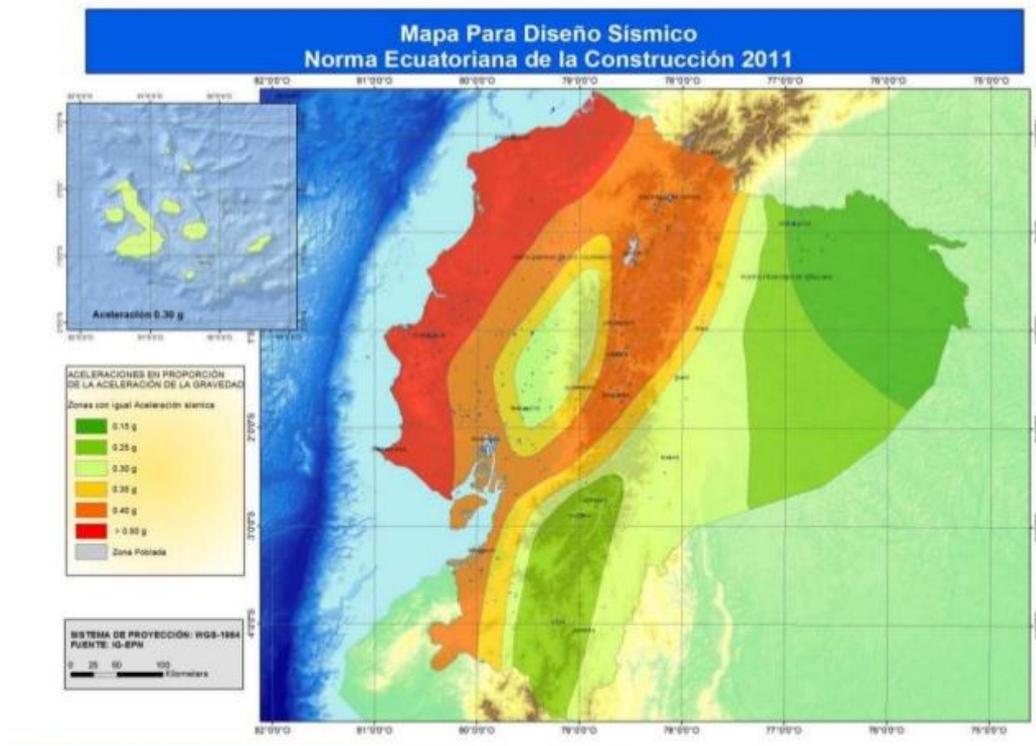
## **2.7. DISEÑO SÍSMICO DE PUENTES**

### **2.7.1. COEFICIENTE DE ACELERACIÓN “Z”**

El valor de Z, representa la aceleración máxima en roca que se espera para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, el cual se encontrará situado en una

de las seis zonas sísmicas del Ecuador definidas por el valor del factor de zona Z, conforme con el siguiente mapa.

**Ilustración 7:** Zonas Sísmicas del Ecuador



Fuente: NEC-SE-DS

**Tabla 8:** Valores del factor Z en función de la zona adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC-SE-DS

## **2.8. DEFINICIONES DE ESTUDIOS PRELIMINARES**

### **2.8.1. DEFINICIÓN DE ESTUDIO DE TRÁFICO**

#### **2.8.1.1. AFORO DE TRÁFICO**

El Diseño de una carretera o de un tramo de la misma se basa en los datos sobre tráfico, es por ello que en primer lugar se determinan las:

- Características del flujo de Tránsito.
- Previsiones de Tráfico.
- Estimaciones de los Volúmenes a futuro.

El Flujo del Tránsito de una carretera se mide por la cantidad de vehículos que circulan por una vía en particular durante un período de tiempo determinado.

La información sobre tráfico comprende la determinación del tráfico actual como son: volúmenes y tipos de vehículos, en base a estudios de tráfico futuro utilizando pronósticos.

Los elementos de análisis para la obtención del flujo de Tránsito son múltiples, por lo tanto para la obtención del análisis se recomienda realizar estadísticas generales determinadas sobre el plan nacional, control de la circulación de los caminos, encuestas de circulación, medición de velocidades y peso de vehículo tipo.

#### **2.8.1.2. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL**

En nuestro país la unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA.

Lo más óptimo para determinar el TPDA sería contar con los datos de una estación de conteo vehicular permanente que nos permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales

de tráfico. Además convendría disponer del registro de datos de un período de varios años que proporcione una base confiable para pronosticar el crecimiento de tráfico que se esperaría a futuro.

También el TPDA se puede ajustar en base a factores mensuales conseguidos de datos de las estaciones permanentes, cuando éstas están disponibles, o del consumo de gasolina u otro patrón de variación estacional como la periodicidad de las cosechas.

Para la determinación del TPDA se ocupará la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_P + T_D + T_d + T_G$$

**En donde:**

**T<sub>P</sub>** = Tráfico proyectado

**T<sub>D</sub>** = Tráfico desarrollado

**T<sub>d</sub>** = Tráfico desviado

**T<sub>G</sub>** = Tráfico generado

### **2.8.1.3. TPDA ACTUAL**

El TPDA inicial se determina mediante el cálculo del tráfico desviado y el tráfico inicial posible que considera la tasa de motorización, la población y las encuestas de campo.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$T_A = \frac{\textit{Total de vehículos}}{\textit{tiempo}}$$

#### **2.8.1.4. TRÁFICO PROYECTADO**

El pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico de 15 a 20 años y el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$T_P = T_A * (1 + i)^n$$

**En donde:**

$T_A$  = tráfico actual.

$i$  = tasa de crecimiento.

$n$  = período de proyección expresado en años.

#### **2.8.1.5. TRÁFICO DESARROLLADO**

Este tráfico se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera. Este componente del tráfico futuro, puede continuar incrementándose durante parte o todo el período de estudio. Generalmente se considera su efecto a partir de la incorporación de la carretera al servicio de los usuarios.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$T_D = T_A * (1 + i)^{n-3}$$

**En donde:**

$T_A$  = tráfico actual.

$i$  = tasa de crecimiento.

**n** = período de proyección expresado en años.

### **2.8.1.6. TRÁFICO DESVIADO**

Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo.

En caso de una carretera nueva, el tráfico actual estaría constituido por el tráfico desviado y eventualmente por el tráfico inicial que produciría el desarrollo del área de influencia de la carretera.

$$T_d = 0.20 * (T_P + T_D)$$

**En donde:**

$T_P$  = Tráfico proyectado.

$T_D$  = Tráfico Desarrollado.

### **2.8.1.7. TRÁFICO GENERADO**

El tráfico generado está formado por el número de viajes que se generarían sólo si las mejoras planteadas ocurren, y lo componen:

- Viajes que no se efectuaron anteriormente.
- Viajes que se realizaron anteriormente a través de unidades de transporte público.
- Viajes que se efectuaron anteriormente hacia otros destinos y con las nuevas facilidades han sido atraídos hacia la carretera propuesta.

Generalmente, el tráfico generado se produce dentro de los dos años posteriores a la culminación de las mejoras o construcción de una carretera.

$$T_G = 0.25 * (T_P + T_D)$$

**En donde:**

$T_P$  = Tráfico proyectado.

$T_D$  = Tráfico Desarrollado.

**Tabla 9:** Clasificación Funcional de las Vías en Base al TPDA

<b>Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA<sub>d</sub></b>			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA <sub>d</sub> ) al año de horizonte	
		Limite Inferior	Limite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovia o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

## 2.8.2. NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Para determinar los parámetros de diseño geométrico se utilizan las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras en función de lo que dictamina el MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS (MTO). En los cuales se presentan los siguientes parámetros tales como:

### 2.8.2.1. VELOCIDAD DE DISEÑO

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos podrán circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito sean favorables.

Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.

### **2.8.1.2. RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES**

El radio de las curvas horizontales está en función de la velocidad directriz, del peralte máximo y del coeficiente de fricción lateral. La determinación del radio mínimo de las curvas horizontales se realiza en base al criterio de la AASHTO, criterio adoptado en las Normas del MTOP.

### **2.8.1.3. PENDIENTES MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

La pendiente longitudinal corresponde de 8% a 12% para terreno plano - ondulado y montañoso respectivamente, pudiendo en longitudes cortas menores a 750 metros aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos.

### **2.8.1.4. CURVAS VERTICALES**

Las longitudes de las curvas verticales se obtienen con las siguientes expresiones:

Curvas verticales Convexas  $L=K.A$

Curvas verticales Cóncavas  $L=K.A$

**En donde:**

**A** = Diferencia algebraica de las gradientes.

**K** = Relación de longitud de la curva medida en metros por el porcentaje de la diferencia algebraica de las gradientes individuales.

En la siguiente tabla se indican los valores de K para las diferentes velocidades de diseño para curvas verticales convexas y cóncavas.

**Tabla 10:** Curvas Verticales Convexas y Cóncavas Mínimas

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad para parada (m)	Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = S <sup>2</sup> /426		Curvas Verticales Cóncavas Mínimas Coeficiente "K" = S <sup>2</sup> /122+3.5 S	
		Calculado	Redondeado	Calculado	Redondeado
40	45	4.7	5	7.2	7
50	60	8.4	8	10.8	11
60	75	13.2	13	14.6	15
70	90	19	19	18.5	18
80	110	28.4	28	23.8	24
90	140	46	46	32	32
100	160	60	60	37.5	38

**Tabla 11:** Valores de Diseño Recomendados para Carreteras y Caminos Vecinales

NORMAS	CLASE I 3.000 - 5.000 I.P.D.A. <sup>(1)</sup>						CLASE II 1.000 - 3.000 I.P.D.A. <sup>(1)</sup>						CLASE III 300 - 1.000 I.P.D.A. <sup>(1)</sup>						CLASE IV 100 - 300 I.P.D.A. <sup>(1)</sup>						CLASE V MENOS DE 100 TPDA <sup>(1)</sup>							
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA				
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O
Velocidad de diseño (k.p.h)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	26 <sup>(6)</sup>	60	50	40	50	35	26 <sup>(6)</sup>		
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 <sup>(6)</sup>		
Distancia de visibilidad para parada (m)	160	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	65	70	35	25	70	55	40	55	35	25		
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	160	110	290	210	150	210	150	110		
Peralte	MAXIMO = 10 %																															
Coefficiente "K" para:	10 % (Para V > 50 KPH) 8 % (Para V < 50 KPH)																															
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2		
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	8	10	5	3		
Gradiente longitudinal <sup>(2)</sup> máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14		
Gradiente longitudinal <sup>(2)</sup> mínima (%)	0.50%																															
Ancho de pavimento (m)	7.30						7.00						6.70						6.00						5.00							
Ancho de pavimento (m)	7.30						7.00						6.70						6.00						5.00							
Clase de pavimento	Carpeta asfáltica y Hormigón						Carpeta asfáltica						Carpeta asfáltica o D.T.S.B						D.T.S.B						Cape granular o Empedrado							
Ancho de espaldones <sup>(5)</sup> estables (m)	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	0.5	0.6 (C.V. Tipo 6 y 7)						-							
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0						2.0						2.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4.0							
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 <sup>(6)</sup> - 4.0						2.0 - 4.0						2.0 - 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						-							
Curva de Transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																															
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOTP; HS -																															
Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																															
Ancho de aceras (m) <sup>(7)</sup>	0.50 m mínimo a cada lado																															
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																															
	LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																															

1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico proyectado a 15-20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7.000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una Autopista. Las Normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 KPH más para clase de terreno. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.  
2) Longitud de las curvas verticales: L = KA, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales. L = 0.80 V, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.  
3) En longitudes cortas menores a 500 m, se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 500 m.  
4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m a 6 m de altura, previo análisis y justificación.  
5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. Se ensanchará la calzada 0.50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos  
6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.  
7) En los casos en que haya bastante tráfico de peatones, úsese dos aceras completas de 1.20 m de ancho  
8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular  
9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar V<sub>o</sub> = 20 Km/h y R = 15 m, siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).  
NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Publicas

### **2.8.3. DEFINICIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

Los estudios topográficos son aquellos que permiten conocer los perfiles longitudinales y transversales además de las características y desniveles del terreno en el cual se va a implementar el proyecto.

Los estudios topográficos deben contener su respectivo plano de ubicación y planimetría en los cuales se incluyen curvas de nivel cada cierta distancia además deben detallar claramente barrancos y quebradas si existiesen.

### **2.8.4. DEFINICIÓN DE ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

En los siguientes estudios se pretende identificar, analizar y evaluar las condiciones hidrológicas e hidráulicas que podrían afectar al puente además de establecer el nivel de implantación del mismo. Así mismo nos ayuda a proporcionar los datos necesarios para la evaluación de los efectos erosivos causados por las mareas con la finalidad de preservar la obra y garantizar un tráfico vehicular seguro en condiciones climáticas severas.

El buen funcionamiento hidráulico, no solo depende de un correcto análisis y del uso adecuado de fórmulas matemáticas sino también de un conocimiento acertado de las condiciones hidráulicas locales, en las que se va a realizar la obra.

Los principales parámetros a tomar en cuenta serán los siguientes observándolos desde un punto de vista analítico.

- Pendiente del cauce.
- Rugosidad del lecho y de sus márgenes a partir del tipo de material predominante.
- Uniformidad de las secciones del cauce.
- Presencia de obstrucciones.
- Altura, densidad y tamaño de la vegetación en el cauce y márgenes.
- Estabilidad del cauce y de las márgenes, determinar si es estática o dinámicamente estable o inestable.

- Tipo de flujo predominante y existencia de una sección de control.
- Huellas de crecientes máximas en el sitio de implantación o zonas aledañas.
- Características geométricas del cauce: ancho del cauce, ancho de la llanura de inundación.
- Tipo y granulometría del material del lecho del río.
- Indicios de fenómenos de socavación.
- Verificación de la sección donde se implantará el puente.

#### **2.8.4.1. PARÁMETROS CLIMÁTICOS**

Para estudiar el clima es necesario analizar los elementos del tiempo meteorológico como son: temperatura, humedad, vientos y precipitaciones; de los cuales usualmente la temperatura y la precipitación son los de mayor registro y con los que en muchos casos se caracteriza el clima de una zona o región.

##### **2.8.4.1.1. TEMPERATURA**

La temperatura del aire, es un parámetro climático que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado, depende de la mayor o menor insolación o radiación solar que a su vez se relacionan con la humedad atmosférica, la precipitación, nubosidad, velocidad y frecuencia de los vientos.

Este elemento climático está estrechamente ligado a la altitud geográfica mediante una ley inversa, las características geográficas, la época del año y la hora del día, lo cual genera una excelente correlación lineal entre la altura del terreno y la temperatura media anual. De este elemento depende el sostenimiento de la energía requerida para desarrollar el ciclo hidrológico.

##### **2.8.4.1.2. HUMEDAD RELATIVA**

La humedad del aire se debe al vapor de agua que se encuentra presente en la atmósfera. El

vapor procede de la evaporación de los mares y océanos de los ríos, lagos, plantas y otros seres vivos. La cantidad de vapor de agua que puede absorber el aire depende de la temperatura. El aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío.

La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada, esto es, cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100 % más húmedo está.

Cuando la humedad relativa alcanza el valor 100 % se producen fenómenos de condensación como es el caso del rocío.

#### **2.8.4.1.3. VELOCIDAD DEL VIENTO**

El viento que es aire en movimiento, es un factor de gran influencia en varios procesos hidrometeorológicos, pues permite transmitir la humedad y el calor al aire y desde el aire y se mide por medio de instrumentos denominados anemómetros.

#### **2.8.4.1.4. PRECIPITACIÓN**

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre. La formación de la precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. En nuestro país es uno de los parámetros que genera impactos negativos en la infraestructura civil, como consecuencia de lluvias de alta intensidad que generan grandes crecidas y luego inundaciones y desestabilización de taludes con deslizamientos de grandes masas de tierra, siendo los puentes una de estas estructuras que de no considerar los efectos de las crecidas pueden ser fácilmente destruidos.

### 2.8.5. EVAPORACIÓN

Normalmente se considera a la evaporación como un proceso de intercambio de energía, siendo la radiación el factor más importante, más allá de que se ha demostrado que la tasa de evaporación desde una superficie de agua a una temperatura dada es proporcional a la velocidad del viento. En términos generales se puede decir que la tasa de evaporación es afectada por la radiación solar, la temperatura del aire, la presión de vapor, el viento, la humedad ambiental y posiblemente la presión atmosférica.

### 2.8.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)

Cuando se estudia el balance hídrico de una determinada superficie de drenaje, interesa esencialmente la determinación de las pérdidas de agua totales o evapotranspiración que conjuntamente con la precipitación resultan ser parámetros meteorológicos fundamentales para la estimación de los recursos hídricos disponibles en una región.

La fórmula aplicada de J. García Benavides y J. López Díaz para el cálculo de la ETP mensual es la siguiente:

$$ETP = [1,21 \times 10^{\frac{7,45t}{234,7+t}} (1 - 0,01HR) + 0,21t - 2,30] \times D$$

**En donde:**

**t** = temperatura media mensual, en °C

**HR** = humedad relativa media mensual, en %

**D** = número de días del mes

### 2.8.7. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico es el sistema mediante el cual se comparan la precipitación ingreso de agua

y la evapotranspiración egreso, para el efecto se utilizan las precipitaciones medias mensuales.

Como puede observarse es necesario el conocimiento de la precipitación y de la evapotranspiración potencial parámetros que permiten establecer el balance hídrico anual. Estos elementos climáticos que intervienen en el cálculo son independientes entre sí.

### 2.8.8. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Para definir las características climáticas de la zona de un determinado proyecto se emplea el sistema de clasificación Thornthwaite, metodología que se ajusta a las condiciones geográficas, cuyo procedimiento es el siguiente:

1. Utilizando los datos generados en el cuadro de balance hídrico se determinan los índices de:

Índice de humedad (***I<sub>h</sub>***), relacionando la sumatoria de excesos en el año con la evapotranspiración anual.

$$I_h = \frac{E}{ETP} * 100$$

Índice de aridez (***I<sub>a</sub>***), relacionando la sumatoria de déficit anual con la evapotranspiración.

$$I_a = \frac{D}{ETP} * 100$$

Índice de humedad de Thornthwaite (***I<sub>m</sub>***), restando al índice de humedad el 60 % del valor del índice de aridez.

$$I_m = I_h - 0,6I_a$$

2. Con el índice de humedad de Thornthwaite, utilizando el cuadro siguiente se determina el tipo climático.

**Tabla 12:** Tipo Climático

Tipo climático	Letra	Índice Global
Perhúmedo	A	$I_m > 100$
Húmedo	B4	$100 > I_m > 80$
	B3	$80 > I_m > 60$
	B2	$60 > I_m > 40$
	B1	$40 > I_m > 20$
Sub-húmedo a húmedo	C2	$20 > I_m > 0$
Seco a sub-húmedo	C1	$0 > I_m > -20$
Semiárido	D	$-20 > I_m > -40$
Árido	E	$-40 > I_m > -60$

*Fuente: Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE*

3. Con el valor de índice de aridez se determina la variación estacional de la humedad efectiva, expresado con un símbolo o letra minúscula.

**Tabla 13:** Variación estacional de la humedad efectiva

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>		
<b>r</b>	Sólo climas húmedos (A, B, C2)	$Ia < 16.7$	Poco o ningún déficit en cualquier estación
	Sólo climas secos (C1, D, E)	$Ih < 10$	Poco o ningún excedente en cualquier estación.
<b>s</b>	Variación estacional de humedad de carácter moderado, siendo el verano la estación más seca.		
	. En climas húmedos (A, B, C2)	$16.7 < Ia < 33.3$	Déficit estival moderado.
	. En climas secos (C, D, E)	$10.0 < Ih < 20.0$	Excedente invernal moderado
<b>w</b>	Variación estacional de humedad de carácter moderado, siendo el invierno la estación más seca.		
	. En climas húmedos (A, B, C2)	$16.7 < Ia < 33.3$	Déficit invernal moderado.
	. En climas secos (C, D, E)	$10.0 < Ih < 20.0$	Excedente estival moderado.
<b>s2</b>	Fuerte variación estacional de humedad, siendo el verano la estación más seca.		
	. En climas húmedos	$Ia > 33.3$	Gran déficit estival.
	. En climas secos	$Ih > 20.0$	Gran déficit invernal.
<b>w2</b>	Fuerte variación estacional de humedad, siendo el invierno la estación más seca.		
	. En climas húmedos	$Ia > 33.3$	Gran déficit invernal.
	. En climas secos	$Ih > 20.0$	Gran déficit estival.

*Fuente: Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE  
Elaborado por: GEOPLADES Cía. Ltda.*

4. Con el valor de la evapotranspiración anual, se determina la eficacia térmica media anual.

**Tabla 14:** Eficacia térmica media anual

Índice de eficacia térmica	Símbolo	Tipo de clima
ETP > 1140	A'	Megatermal
1140 > ETP > 997	B4'	Cuarto mesotermal
997 > ETP > 855	B3'	Tercer mesotermal
855 > ETP > 712	B2'	Segundo mesotermal
712 > ETP > 570	B1'	Primer mesotermal
570 > ETP > 427	C2'	Segundo microtermal
427 > ETP > 285	C1'	Primer microtermal
285 > ETP > 142	D'	Clima de tundra
142 > ETP	E'	Clima de hielo

*Fuente: Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE  
Elaborado por: GEOPLADES Cía. Ltda.*

5. Mediante el valor de la relación entre la sumatoria de la evapotranspiración de los 3 meses de verano con la evapotranspiración anual y utilizando el cuadro siguiente se determina la concentración estival de la eficacia térmica.

**Tabla 15:** Concentración estival de la eficacia térmica

<b>(ETP de los 3 meses de verano / ETP anual) * 100</b>	<b>Símbolo de Thornthwaite</b>
Valores inferiores a 48.0	a'
Entre 48.0 y 51.9	b4'
Entre 51.9 y 56.3	b3'
Entre 56.3 y 61.6	b2'
Entre 61.6 y 68.0	b1'
Entre 68.0 y 76.3	c2'
Entre 76.3 y 88.0	c1'
Valores superiores a 88.0	d'

**Fuente:** *Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE*  
**Elaborado por:** *GEOPLADES Cía. Ltda.*

De acuerdo a la metodología propuesta por Thornthwaite y fundamentada en la eficiencia térmica de la región, el clima de la zona es del tipo *ArA'a'*; Perhúmedo, con poco o ningún déficit en cualquier estación, Megatermal de baja concentración de la eficacia térmica.

## **2.9. DEFINICIÓN DE ESTUDIO AMBIENTAL**

El Estudio Ambiental es el procedimiento administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

El Estudio Ambiental se refiere siempre a un proyecto específico, ya definido en sus particulares tales como: tipo de obra, materiales a ser usados, procedimientos constructivos, trabajos de mantenimiento en la fase operativa, tecnologías utilizadas, insumos, etc.

Los estudios de impacto ambiental son desarrollados con información bibliográfica en los casos en los que las actividades no involucran un uso intensivo ni extensivo del terreno, tales como la aerofotografía, aeromagnetometría, geología de superficie, o se trate de actividades de reconocido poco impacto a desarrollarse en ecosistemas no frágiles.

Son estudios que el proponente elabora para contrastar la acción con los criterios de protección ambiental y que le ayuda a decidir los alcances del análisis ambiental más detallado.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO DE ESTUDIO**

En el presente trabajo se utilizó una investigación de campo la misma que ayudó a obtener los datos in situ, permitiendo una evaluación cercana al objeto interesado; estos datos se obtuvieron mediante un estudio de observación y descripción, debido a que es un estudio de campo el mismo que permitió conocer las inquietudes, sugerencias y recomendaciones de los habitantes del sector sobre la posibilidad de ejecución del proyecto. Esto permitió detallar, puntualizar y predecir las posibles situaciones y eventos que se pudieran desenlazar dentro de la ejecución del proyecto.

#### **3.2. MÉTODO**

Dentro del marco metodológico se utilizó el método analítico, ya que éste ayudó a conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se está estudiando a fin de establecer y explicar sus particularidades.

#### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Los pobladores de la parroquia Tambillo fueron el grupo de estudio. Dentro de ellos estuvieron los habitantes de la cabecera parroquial de Tambillo.

La población de la parroquia Tambillo es de aproximadamente 2019 habitantes.

Cálculo de la muestra con una población de 2019 habitantes.

$$\eta = \frac{N * \delta^2 * Z^2}{(N - 1)E^2 + \delta^2 * Z^2}$$

**Dónde:**

**n** = el tamaño de la muestra.

**N** = tamaño de la población.

**σ**= Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

**Z** = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.

**e** = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

$$\eta = \frac{2019 * 0.25 * 1.96^2}{(2019 - 1)(0.05)^2 + 0.25 * 1.96^2}$$

$$\eta = \frac{1938}{5,5 + 0,9604}$$

$$\eta = \frac{2019}{6,01}$$

$$\eta = 322$$

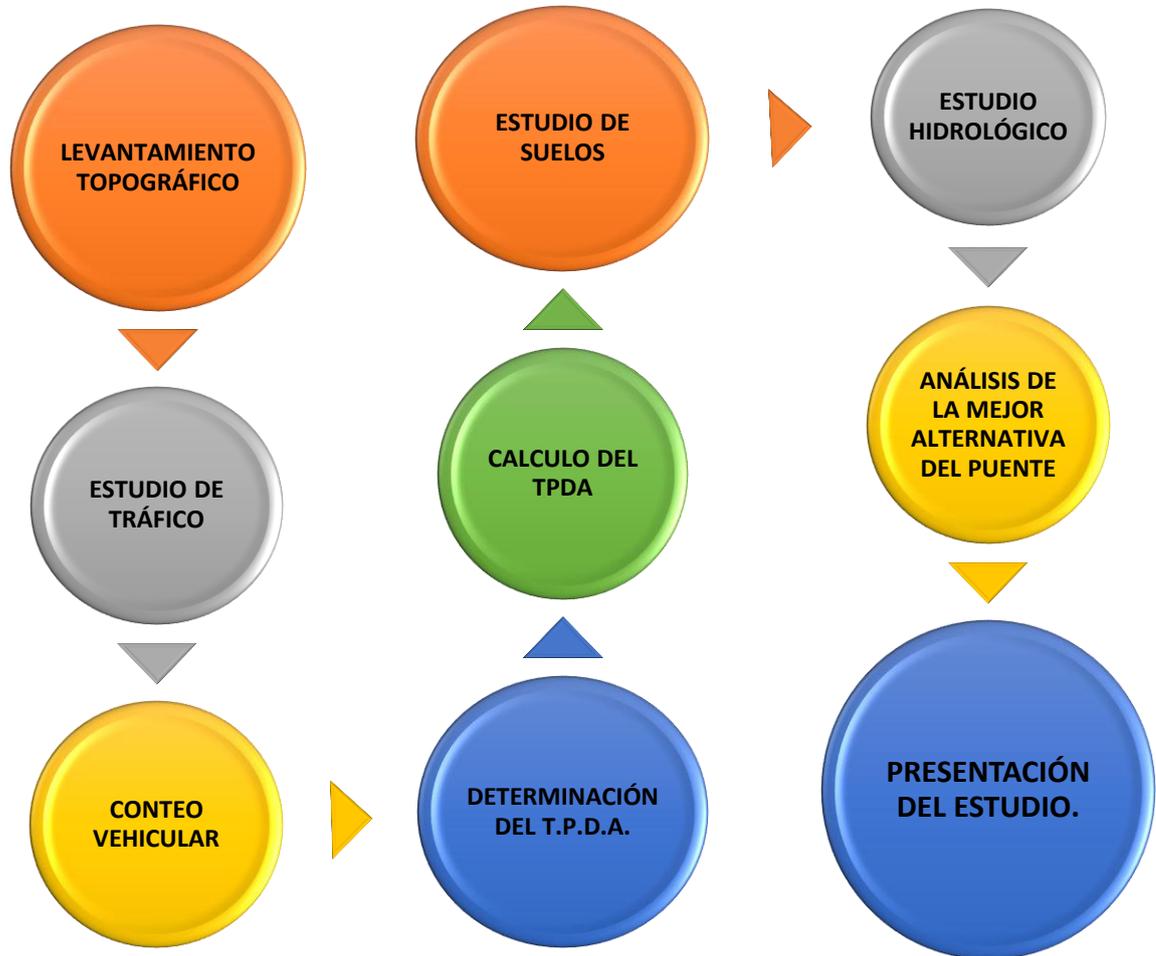
Resultando una muestra de **322 personas**. Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y error del 5%.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTO	PREGUNTAS
<p>Analizar la alternativa más adecuada de cruce vehicular sobre el río Tambillito parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo provincia Esmeraldas, en función de los análisis técnicos y económicos.</p>	Independiente	Determinación del tipo de puente a construir	<p>Ubicación, Configuración del terreno, Trazado vial, Longitud del puente y Relación costo vs luz.</p>	<p>Habitantes, GAD PR Tambillo y Gobierno Provincial de Esmeraldas, Fuentes Bibliográficas, Documental.</p>	<p>Encuesta, Observación, Documental, recopilación de datos, aplicación de fórmulas, estados y proyecciones.</p>	<p>Cuestionario de Encuesta, Ficha de observación, fórmulas, ensayos, estudios técnicos y topográficos</p>	<p>Prueba Piloto</p>
	Dependiente	Construcción de la alternativa más adecuada para el cruce vehicular	<p>Disponibilidad presupuestaria, Abastecimiento y transporte de materiales y Disponibilidad de personal capacitado.</p>				

### 3.5. PROCEDIMIENTOS

✓ Secuencia de procedimientos que se van a realizar en la presente investigación.



#### 3.5.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico de un terreno, nos permite determinar la configuración del mismo, además de los elementos naturales o artificiales existentes en el lugar.

Para el levantamiento topográfico, se toman los datos necesarios a fin de ubicar una serie de puntos estratégicos que nos permitan la obtención de la representación gráfica del sitio deseado.

## **Toma de información**

### **➤ Trabajo de campo**

Inicialmente se realiza un reconocimiento del terreno, para tener un conocimiento más real del alcance del levantamiento en sí.

Se procede a colocar dos puntos a los cuales se denominaran BM y estos serán de hormigón con una marca pintada en el centro. Estos puntos se utilizaran como partida para el levantamiento y servirán como referencia durante el proceso constructivo; al final del proyecto se colocarán otros dos puntos. Cabe señalar que estos hitos están debidamente ligados a coordenadas reales, que se obtendrán a partir de un sistema GPS.

Se inicia el levantamiento de toda la superficie que abarca el terreno antes mencionado necesario para el diseño del puente. En este levantamiento topográfico se da importancia a una significativa densidad de puntos, los cuales servirán para una buena representación del terreno, se tomaron accidentes naturales del relieve en cuestión.

Se utiliza levantamientos longitudinales (poligonales abiertas), este tipo de levantamiento sirve para estudiar, diseñar, vías de cualquier clase.

Al obtener la información de campo se continúa con los trabajos correspondientes al procesamiento de datos. Para ello, se procede a extraer de los archivos descargados de la estación total, los ángulos y distancias concernientes a la poligonal trazada, con el fin de realizar el cálculo y ajuste de la misma en otro programa.

## **Procesamiento de la información recabada**

### **➤ Trabajo de oficina**

Para la elaboración de planos se generará una nube de puntos, que será la posición verdadera que tienen todos y cada uno de los puntos tomados en campo, a partir del archivo de texto obtenido en el procesamiento de coordenadas. Estos datos se clasificaran de acuerdo a la descripción de los puntos en un procesador de texto o una hoja de cálculo y se cargarán en un programa de dibujo que puede ser cualquier versión de AutoCAD.

Ya en AutoCAD, se procederá a la interpretación de las carteras de campo, uniendo mediante líneas y/o convenciones los puntos de acuerdo a los esquemas dibujados en las carteras.

Este procedimiento se realizará hasta unir de forma consistente todos los puntos.

El resultado serán planos pre-definitivos, los cuales pasan a un control interno para su verificación. Una vez hecho el control de calidad se genera un plano definitivo para la presentación definitiva de la información.

### **3.5.2. ESTUDIO DE TRÁFICO**

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tráfico son expresados con respecto al tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios de la carretera.

Para la ejecución de dicho estudio se realizan las siguientes actividades:

#### **3.5.2.1. CONTEO VEHICULAR**

El conteo vehicular se realiza durante 7 días mediante la implementación de una estación de conteo, clasificando a los vehículos en livianos y pesados.

#### **3.5.2.2. DETERMINACIÓN DEL T.P.D.A.**

La unidad de medida del tráfico que circula por una carretera es el T.P.D.A (tráfico promedio diario anual) que es el volumen de tráfico anual dividido para 360 días, tal como se indica en la siguiente ecuación:

$$TPDA = \frac{\text{Volumen de tráfico anual}}{360}$$

Para determinar el TPDA, se deberá tomar en consideración lo siguiente:

- En caminos de una sola vía de circulación, el conteo del número de vehículos se realiza en un solo sentido.
- En caminos de dos carriles de circulación, se considera el volumen de tráfico en ambas direcciones.
- En autopistas, el TPDA se calcula para cada sentido de circulación, considerando el flujo direccional que representa el porcentaje de vehículos que circula en cada sentido; esto origina regularmente volúmenes de tráfico y composiciones diferentes del mismo en un mismo período.

### **PERÍODOS DE OBSERVACIÓN:**

Para la realización de estudios importantes de tráfico, si se desea obtener el TPDA con suficiente aproximación, los conteos deben realizarse en forma manual durante por lo menos un semana.

#### **3.5.2.3. CÁLCULO DEL TPDA**

Se realiza la tabulación de datos con la información obtenida.

#### **3.5.2.4. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL**

En nuestro país la unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA.

$$TPDA = TF + TG + TD$$

### **3.5.3. ESTUDIO DE SUELO**

Un estudio de suelo permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar; representa una forma de asegurar la viabilidad del proyecto, definiendo y en todo caso optimizando los costos del mismo.

El SPT (Standard Penetration Test) o ensayo de penetración estándar, es un tipo de prueba de penetración dinámica, que es empleado para realizar ensayos en terrenos que se requiere realizar un reconocimiento geotécnico.

En esta fase se realiza las siguientes actividades:

- Reconocimiento del terreno donde se realizará el levantamiento para ubicar los puntos de interés.
- Localización de los puntos de referencia para la ejecución del proyecto, por medio de varilla, estacas, marcas de pintura sobre roca.
- Dibujo del croquis en la libreta de campo, orientando aproximadamente con relación a un norte convencional.
- Levantamiento de detalles, midiendo las distancias necesarias de apoyo hacia los puntos de interés.
- Ensayo de penetración estándar.

#### **Trabajo de Laboratorio**

Después de haber obtenido las muestras mediante el ensayo de SPT, se procedió a realizar los ensayos:

### **Granulometría (Norma INEN 696)**

El análisis granulométrico tiene como finalidad obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo

### **Límites de Atterberg (Norma INEN 691, 692)**

Para poder obtener de forma sencilla algunas características o propiedades de los suelos, los límites de Atterberg o límites de consistencia son de gran utilidad. Son los que permiten trabajar con suelos finos como limos y arcillas, pudiendo de este modo encontrarse en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido.

- Determinación del Límite Líquido (Norma INEN 691).
- Determinación de Densidad y Capacidad de Absorción de Agua (Norma INEN 856)

### **3.5.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

Los trabajos consisten en determinar los diferentes parámetros hidrológicos e hidráulicos, que permitan el diseño, cálculo y dimensionamiento del puente a ser construido, así como las cotas correspondientes a caudales normal y de máxima crecida, de igual manera un estudio que permita estimar la socavación del cauce en los sitios de implantación, a fin de conocer el riesgo de la estabilidad de la estructura en su cimentación.

La metodología del estudio se basará en modelos computacionales que existen para solucionar los problemas que enfrenta la hidrología superficial, el diseño hidráulico, fundamentado en las recomendaciones, regulaciones y normas emitidas para el efecto, el análisis para caudales se analizará mínimo por dos métodos, recomendando la utilización del método HECRAS, para inundaciones.

Para el análisis de socavación se ejecutarán los respectivos ensayos de granulometría de los lechos de los ríos para determinar el diámetro medio de las partículas (dm) o densidad seca del material del lecho para suelos cohesivos, según el caso.

### **3.5.5. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO**

Definidos los estudios de Ingeniería Básica del puente, se realizará el informe final del proyecto, para su posterior aprobación.

## CAPÍTULO IV

### 4. ESTUDIOS REALIZADOS

#### 4.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

##### 4.1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad no existe un puente para poder cruzar el brazo de mar de la parroquia Tambillo es por ello que se utilizan lanchas que únicamente prestan sus servicios hasta las 16h00, lo que obliga a los habitantes del lugar a realizar el alquiler de barcas para trasladarse posteriormente a esta hora en casos de emergencia.

Se ha realizado los trabajos de campo y estudios técnicos correspondientes, para definir el diagnóstico preliminar de la zona de influencia directa, la prefactibilidad de analizar las alternativas constructivas del puente, previo a la realización de los estudios específicos y diseños definitivos.

**Tabla 16:** Coordenadas de ubicación del puente sobre el Brazo de Mar Tambillo

ESTE = 737649.92	NORTE = 138303.77
------------------	-------------------

Una vez determinada la necesidad de poseer una topografía de detalle del sitio elegido para el proyecto se procede a realizar los trabajos de campo necesarios para generar documentos entregables, que brinden datos para continuar con el proyecto.

La topografía contará con un arranque sobre la base de 4 puntos GPS (Sistema De Posicionamiento Geográfico) establecidos mediante enlaces de antenas GPS diferenciales de doble frecuencia, en coordenadas y nivelación entre hitos para la cota, los que fueron medidos y sus valores de coordenadas obtenidos en función del enlace a puntos enlazados al sistema del IGM Instituto Geográfico Militar.

De esto se ha referido la información de coordenadas de partida en los puntos GPS en norte, este y cota, que son parte de este informe cada uno con su localización en campo y base para la realización del levantamiento topográfico propiamente dicho.

## **4.1.2. PROCEDIMIENTO**

### **4.1.2.1. RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

Se realizó la primera visita técnica de reconocimiento, para lo cual se viajó al sitio del proyecto. Ubicando los sitios para la colocación de puntos GPS y determinado los lugares específicos en donde se debían obtener los puntos de detalle de la topografía; situación que determinó que se debía realizar un levantamiento topográfico por método taquimétrico, una nivelación para los puntos de partida y un posicionamiento satelital con antenas de doble frecuencia bajo el método estático.

**Tabla 17:** Coordenadas GPS

<b>PUNTO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>
GPS#1	10138203.5	737838.016	6.544
GPS#2	10138220.2	737805.031	6.485
GPS#3	10138235.2	737753.372	6.451
GPS#4	10138298.6	737662.419	6.414
GPS#5	10138314.9	737641.134	6.705

### **4.1.2.2. REVISIÓN DE INFORMACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO**

Una vez determinados los puntos en donde se debía ejecutar el trabajo de campo, se procedió a realizar un ajuste de precisión de enlace por medio de la estación total, con lo que se determinó las cotas entre puntos GPS.

Desde ahí se tomaron los puntos logrados en el mismo proceso de observación, tomándolos como base una vez concluidos los post procesos de ajuste.

#### **4.1.3. TRABAJOS DE LEVANTAMIENTO**

La toma de información relevante del sitio con sus accidentes geográficos se consiguió mediante el método de poligonal abierta y levantamiento taquimétrico con una malla de puntos radiales separados al menos 20 metros y con menor distancia en los sitios de detalles tales como: vías, canales, postes, estructuras, cunetas, casas, etc.

**Tabla 18:** Referencias de Campo

<b>PUNTO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>
AUX1	10138238.6	737756.36	6.05
AUX2	10138295.4	737666.618	5.74

#### **4.1.4. EQUIPOS UTILIZADOS**

El proceso de topografía se realizó con el uso de dos estaciones marca SOKKIA modelo CX - 105 de precisión 5 segundos, generando archivos de puntos de formato (SOKKIA DATA ROW), que en base a post proceso por medio del software SOKKIA Link son transformados en archivos de lectura de puntos para topografía y procesados en el software EAGLE POINT versión 2010 y generados dibujos en base AutoCAD y modelos tridimensionales con curvas de nivel a cada metro, recolectándose 499 puntos de detalles taquimétricos cada uno con coordenadas norte, este y cota y su respectiva descripción.

**Ilustración 8:** Estación Total CX 105



**Ilustración 9:** Antena GPS Leica



## **4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO**

### **4.2.1. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA**

La demanda de la vía a construirse se obtuvo mediante la determinación del TPDA y el Número de ejes equivalentes de 8.20 Ton que existirán en la vía una vez que ésta finalice su construcción. Con estos datos se determinó también el tipo de vía según la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12) y se establecieron los parámetros de diseño geométrico según la Norma de Diseño Geométrico del Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

### **4.2.2. METODOLOGÍA**

Para estimar la demanda de tráfico que existirá en la carretera se consideraron los siguientes puntos:

- Identificar las características de la población en cuanto a las actividades que realizan a diario.
- Analizar la tasa de crecimiento actual, cubriendo así el área de influencia del proyecto.
- Estimar el TPDA desviado.
- Determinar el TPDA futuro para el periodo de diseño del proyecto.
- Determinación del Número de ejes Equivalentes.

### **4.2.3. CÁLCULO DEL TPDA**

#### **Características de la población**

En el censo de población y vivienda realizado en el año 2001 por el INEC la población de la parroquia Tambillo era de 1579 habitantes, mientras que en el censo del año 2010 la población ascendió a 1743 habitantes.

#### 4.2.4. TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR

En base a las características de la población y al índice de crecimiento, se utilizó la tasa de crecimiento vehicular recomendado por el Ministerio de Transportes y obras Públicas, detallado en el siguiente cuadro:

**Tabla 19:** Crecimiento Proyectado

CRECIMIENTO PROYECTADO FUENTE MTOP ECUADOR		
	OPTIMISTA	PESIMISTA
AÑO		
2014	5.38%	3.38%
2019	6.15%	3.42%
2034	6.02%	3.21%

**Fuente:** MTOP Ministerio De Transporte Y Obras Públicas

#### 4.2.5. TPDA DESVIADO

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) desviado fue calculado siguiendo las recomendaciones de las Normas de Diseño Geométrico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, Capítulo A, 2.a; el mismo que indica que el tráfico actual estará constituido por el tráfico desviado; y el tráfico inicial producirá el desarrollo de la nueva vía.

El tráfico inicial posible se determina con la tasa de motorización y la población existente en este caso la tasa de motorización para la provincia de Esmeraldas esta entre 10 y 30 vehículos/1000 habitantes según el Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

#### 4.2.6. TPDA ACTUAL

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) inicial se determinó mediante el cálculo del tráfico desviado y el tráfico inicial posible que considera la tasa de motorización, la población y las encuestas de campo, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 20:** Estimación de TPDA

TIPO VEHICULO	ESTIMACION TPDA						
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
MOTOS	5	4	5	4	5	5	4
AUTOS	1	1	1	1	1	1	1
CAMIONETAS	1	1	1	1	1	1	1
CAMION 2DA	1	1	1	1	1	1	1
CAMION 2DB	0	0	0	0	0	0	0
TRAILER 3A	0	0	0	0	0	0	0
VOLQUETA	0	0	0	0	0	0	0
BUS	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>

**Tabla 21:** TPDA 2015

TIPO VEHICULO	TPDA 2015	%
Liviano (Auto Jeep)	1	33.33%
Liviano (Camioneta)	1	33.33%
Bus	0	0.00%
Camion 2DA	1	33.33%
Camion 2DB	0	0.00%
Trailer 3A	0	0.00%
Volqueta 4C	0	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>100.00%</b>

#### 4.2.7. TPDA FUTURO

La proyección del tráfico se usa para determinar el volumen de tráfico esperado para el período de diseño de la vía, mediante este cálculo del TPDA futuro se determina la clasificación funcional de la vía que establece en la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12), de la misma forma el TPDA futuro permite determinar los parámetros de diseño geométrico de la vía regulados y establecidos en la Norma de Diseño Vial del Ministerio de transportes y Obras Públicas.

El TPDA futuro fue calculado siguiendo las indicaciones de las Normas de Diseño Geométrico, capítulo III.A.2.d “Proyección en base a la tasa de crecimiento vehicular”, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$TPDA_{futuro} = TPDA_{inicial} * (1 + r)^t$$

**Dónde:**

TPDA futuro= Tráfico promedio diario anual futuro

TPDA inicial= Tráfico promedio diario anual inicial

r= Tasa de crecimiento del tráfico

t= Número de años proyectados.

A continuación se presenta el cuadro de proyecciones de tráfico:

**Tabla 22:** Crecimiento Vehicular

Tasa de Crecimiento VEHICULAR-FUENTE MTOP			
Periodo	Tipo de Vehiculo		
	Liviano	Bus	Camion
2015-2025	6.15%	6.15%	6.15%
2025-2035	6.02%	6.02%	6.02%

$$TPDA_{FINAL} = \underbrace{TPDA_o(1+r)^t}_{AUTOMOVILES} + \underbrace{TPDA_o(1+r)^t}_{BUSSES} + \underbrace{TPDA_o(1+r)^t}_{CAMIONESLIVIANOS} + \underbrace{TPDA_o(1+r)^t}_{CAMIONESPESADOS}$$

**Tabla 23:** TPDA Futuro

TPDA Futuro			
TIPO VEHICULO	TPDA 2015	TPDA 2025	TPDA 2035
Liviano (Auto Jeep)	1	2	3
Liviano (Camioneta)	1	2	3
Bus	0	0	0
Camion 2DA	1	2	3
Camion 2DB	0	0	0
Trailer 3A	0	0	0
Volqueta 4C	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

## **4.3. ESTUDIO DE SUELO**

### **4.3.1. ANTECEDENTES**

El inicio del proyecto se encuentra en la ABSCISA 0+285.20, desde el inicio de la vía de acceso, con una longitud de obra que tiene una luz de 105 metros. Tambillo se encuentra con su nivel máximo de crecida en la cota 6.00 msnm, con su nivel de espejo de agua según los planos entregados.

Se determinó que el sitio en el que se desarrollaron los sondeos cuenta con un desnivel de hasta un metro entre los márgenes izquierdo y derecho desde la zona de acercamientos esto en base a perfil longitudinal entregado; por lo que se estableció que el sitio de emplazamiento de las bases del puente en las orillas cercanas al río tendrá similares profundidades.

Para la determinación de las características definitivas, se requirió de un estudio de prospección de suelos del terreno en donde se construirán las cimentaciones o bases del puente. El estudio se fundamentó en una exploración semi-directa, que consistió en la realización de dos perforaciones una en cada margen logradas en las siguientes coordenadas:

- **MARGEN IZQUIERDO**

Norte 138303.77 Este 737649.916 Cota 6.36 msnm

- **MARGEN DERECHO**

Norte 138221.270 Este 737759.393 Cota 7.37 msnm

Se efectuaron dos ensayos de penetración estándar SPT toma de muestras alteradas para la determinación de las propiedades físicas del suelo.

Con la finalidad de emitir las recomendaciones técnicas más apropiadas para definir la solución de cimentación, se hizo necesario conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo.

## **4.3.2. PROCEDIMIENTO**

### **4.3.2.1. TRABAJOS DE CAMPO**

En el sitio donde se proyecta la estructura se realizó una exploración semi directa, consistente en la ejecución de 2 perforaciones designadas como P1 a P2 de 25 y 26 metros de profundidad, con la ejecución de ensayos de penetración estándar, recuperación de muestras alteradas e inalteradas, utilizando tubos muestreadores.

Se presentan los registros de perforación, en los cuales se puede ver la curva de resistencia a la penetración estándar versus profundidad, la descripción del subsuelo encontrado y ciertas características físicas de acuerdo al ensayo unificado de suelos SUCS.

### **4.3.2.2. TRABAJOS DE LABORATORIO**

Las muestras alteradas representativas del suelo de cimentación, se analizaron en el laboratorio, sometiéndolas a ensayos que permitieron conocer sus características.

### **4.3.2.3. NORMAS UTILIZADAS**

Los trabajos de campo y laboratorio fueron realizados basándose en las normas y procedimientos establecidos por la ASTM.

**Tabla 24:** Normas Empleadas en Ensayos

Ensayo de penetración estándar	Norma ASTM D -1586
Contenido de agua	Norma ASTM D -2216
Granulometría por lavado	Norma ASTM D -422
Límite de <u>Atterberg</u>	Norma ASTM D-4318
<u>Triaxial UU</u>	Norma ASTM D-2850
Compresión simple	Norma ASTM D-2166

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Se han determinado todas las propiedades físicas necesarias para la identificación adecuada de los requerimientos del problema a resolver:

- Contenido de humedad natural
- Límite líquido
- Límite Plástico
- Porcentaje que por lavado pasa el tamiz # 200
- Análisis granulométrico

#### **4.3.3. DESCRIPCIÓN DEL SUELO**

Las perforaciones efectuadas, indican la presencia de los siguientes suelos:

##### **SONDEO 1**

Las perforaciones efectuadas, indican la presencia de:

- Arcilla de color gris, humedad alta, plasticidad alta y consistencia muy blanda del tipo OH según SUCS y A-7-6 según AASHTO.

- Arcilla de color verdoso con presencia de raíces, humedad alta, plasticidad alta y consistencia blanda a media del tipo OH según SUCS y A-7-6 según AASHTO.
- Arcilla de color café claro, humedad muy alta, plasticidad alta y consistencia baja a media del tipo CH según SUCS y A-7-5 según AASHTO.
- Limo arcilloso de color café claro, humedad media, plasticidad media y consistencia media con presencia de arena fina en un 20% del tipo MH según SUCS y A-4 según AASHTO.
- Arenas arcillosas, de color café oscuro, humedad media, plasticidad media a alta, compacidad alta a muy alta presencia de gravas en un porcentaje mínimo del tipo SC según SUCS y A-4 según AASHTO.
- Arenas arcillosas, de color café oscuro, humedad media, plasticidad media a alta, compacidad alta a muy alta presencia de gravas en un porcentaje mínimo del tipo SC según SUCS y A-2-4 según AASHTO.
- Presencia de nivel freático a la profundidad de 0,50 metros
- Los valores de golpes de penetración N se encuentran en el rango de  $1 < N < 39$
- No se presenta rechazo al final de la perforación

## **SONDEO 2**

Las perforaciones efectuadas, indican la presencia de:

- Arcilla de color café claro, humedad alta, plasticidad alta y consistencia blanda del tipo CH según SUCS y A-7-6 según AASHTO.
- Arcilla de color verdoso de humedad alta, plasticidad alta y consistencia blanda del tipo CH según SUCS y A-7-6 según AASHTO.
- Arcilla de color café claro, humedad muy alta (saturada), plasticidad alta y consistencia media del tipo CH según SUCS y A-7-5 según AASHTO.
- Limo arcilloso de color café claro, humedad media, plasticidad media y consistencia media a dura, presencia de arenas gruesas desde el nivel 14,50 hacia abajo del tipo MH según SUCS y A-2-4 según AASHTO.
- Arenas gruesas de color café oscuro, presencia de arcilla y limo en un buen porcentaje, plasticidad media a alta, humedad media a baja, compacidad dura a muy dura del tipo SC según SUCS y A-2-7 según AASHTO.

- Arenas gruesas de color café oscuro, presencia de arcilla y limo en un buen porcentaje, plasticidad media a alta, humedad media a baja, compacidad dura a muy dura del tipo SC según SUCS y A-2-7 según AASHTO.
- Gravas arcillosas de color café oscuro, humedad media a baja, plasticidad nula y compacidad muy alta del tipo GC según SUCS y A-2-7 según AASHTO.
- Los valores de golpes de penetración N se encuentran en el rango de  $1 < N < 41$
- Se presenta rechazo al final de la perforación.

#### **4.3.4. PARÁMETROS DE DISEÑO**

- Sistema de cimentación: DIRECTA
- Tipo de cimiento: LOSA DE CIMENTACIÓN PARA ESTRIBO SOPORTADA POR PILOTES
- Condición del cimiento: EMERGIDO
- Hipótesis de capacidad de carga asumidas: DISEÑO DE ULTIMA RESISTENCIA
- Forma de la base: RECTANGULAR
- Tipo de carga: VERTICAL
- Base de cimiento: HORIZONTAL
- Excentricidad de la carga: NULA
- Estructura de arriostramiento: ORTOGONAL.
- Debemos considerar los siguientes valores para la cimentación, carga vertical en estribos es de alrededor de 45.00 toneladas, y la separación entre ejes de la estructura de 105 metros, debido a la capacidad y condiciones existentes del suelo se debe utilizar una fundación para soporte de la estructura de aproximadamente 381.60 metros cuadrados.

#### **4.3.5. CAPACIDAD DE CARGA**

El estudio de suelos tuvo por objeto, revelar la secuencia de las distintas capas que constituyen la formación estratigráfica del suelo dentro de la profundidad activa para el puente que se va a

construir y determinar las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas necesarias, a efectos de prever adecuadamente el comportamiento de la estructura.

Se ha planteado la ejecución de dos muestreos de 25 y 26 metros de profundidad considerando que las cargas estarán en un rango entre 45 toneladas y que se colocará en la cimentación de aplicación directa del tipo losa de cimentación para soporte de estribo debido a concepción estructural del proyecto, la capacidad del suelo es mediana a alta a partir del nivel -13 metros para el estribo de la abscisa 0+285.20 y -9 metros para el estribo de la abscisa 0+390.20, por lo que se debe considerar la colocación de una losa de estribo soportada por medio de pilotes, estas profundidades se convierten en el procedimiento más práctico, razón por la cual se recomienda el uso de este tipo de cimentación como solución.

Los cimientos se ubicaron a una profundidad de desplante  $D_f$ , determinadas con base a la resistencia del suelo medida por la resistencia a la penetración estándar y a las descargas de la estructura. El suelo adecuado para recibir la cimentación de este proyecto se presenta a los 2.15 metros en la abscisa 0+285.20 y 3.20 metros en la abscisa 0+390.20 desde la superficie de inicio de las perforaciones, tal como se explica en el gráfico, por lo cual se procedió a replantear el valor de cota de tablero en base a los condicionantes geométricos del diseño de la vía y las recomendaciones hidrológicas sobre inundaciones y crecidas, por lo que se han acogido los datos de máxima crecida para emitir un criterio final del nivel de cimentación en función de los datos mencionados para profundizarse y encontrar el nivel de cimentación.

Desde el nivel que ha sido escogido para presentar los niveles de utilización del puente luego de ajustar la viga y el galibo libre, se comenzó desde éste la colocación de los estribos hasta encontrar el nivel de cimentación que presentó los valores suficientes de resistencia de acuerdo a los valores obtenidos en los ensayos y que permitió al suelo soportar las cargas a las cuales se encontrara sometido el puente.

Para empezar con los trabajos de construcción de la estructura y su cimentación se deberá considerar que, los ensayos se realizaron desde el nivel del terreno actual existente, tomando como referencia el nivel de topografía de este basándose en las referencias colocadas en el sitio.

El suelo de cimentación para el estribo de la abscisa 0+285.20, se caracteriza por estar constituido por suelos finos inorgánicos cohesivos de media a alta plasticidad y media a alta

compresibilidad, de consistencia alta, caracterizados con una resistencia a la penetración estándar con un número de golpes = 1, que se toma para evaluación de la capacidad de carga.

## **4.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

### **4.4.1. ANTECEDENTES**

Los puentes son las estructuras mayores que forman parte del drenaje transversal de la carretera y permiten salvar o cruzar un obstáculo natural, el mismo que puede ser una quebrada, río o estuario.

Es importante tener en cuenta que un puente no será estable si no lo es el tramo fluvial comprometido. El cauce fluvial es por naturaleza esencialmente móvil y cambiante en consecuencia el estudio de un puente que interactúa con un río o estuario no puede independizarse del correspondiente estudio de Hidráulica Fluvial. La estabilidad fluvial, lograda durante cientos o miles de años por el cauce, puede verse seriamente alterada por la construcción de un puente.

El estudio presente corresponde al puente que se localiza sobre uno de los ramales del estuario del río Tambillo, que se verá afectada directamente por la influencia de las mareas de amplitud diurna y semidiurna en el Océano Pacífico.

La profundidad del estudio hidráulico depende de ciertas características del puente en particular como: su importancia dentro de la red vial, consecuencias que produciría su falla, costo, tipo de estructura, riesgos aceptables, etc. A las que debe añadirse las correspondientes al cauce fluvial.

Las actividades realizadas corresponden al área de hidrología e hidráulica; que permitieron la definición, dimensionamiento hidráulico y adecuada implantación del proyecto sobre el río Tambillito.

#### 4.4.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La zona del presente estudio geográficamente se ubica en la región costera del Ecuador, en la provincia de Esmeraldas, cantón San Lorenzo, parroquia Tambillo, comunidades: La Variante, La Guarapera, Tambillito, Tambillo, San José, La Tolita de Los Ruano, El Chanul.

Desde el punto de vista geográfico la obra hidráulica prevista en el presente estudio se localiza en las coordenadas siguientes:

**Tabla 25:** Ubicación del proyecto sobre el río Tambillito

ESTUARIO	COORDENADAS UTM		ALTURA
	N	E	msnm
<b>Brazo de Mar - Tambillo</b>	138,286.8	737,715.4	2.6

#### 4.4.3. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo general del estudio es el de identificar, analizar y evaluar las condiciones hidrológicas e hidráulicas que podrían afectar al puente mencionado anteriormente y establecer el nivel de implantación del mismo. Además, proporcionar los datos necesarios para la evaluación de los efectos erosivos causados por las mareas, en resguardo de la seguridad de la obra, que garantice un tráfico vehicular seguro, con riesgo aceptable aún en condiciones climáticas severas.

#### 4.4.4. PROCEDIMIENTO

##### 4.4.4.1. METODOLOGÍA

La metodología del estudio se basó en modelos computacionales que se han diseñado para solucionar los principales problemas que enfrenta la hidrología superficial, el diseño hidráulico

y el drenaje de carreteras. Todo esto se fundamenta en las recomendaciones, regulaciones y normas emitidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas – MTOP, entidad encargada de los proyectos viales en el país.

1. Como actividad preliminar se realizó una visita técnica al sitio, con el objeto de obtener una apreciación general del comportamiento del cauce hídrico.

2. Desde el punto de vista hidráulico, en el terreno se observó con un sentido analítico los siguientes aspectos:

- Pendiente del cauce.
- Rugosidad del lecho y de sus márgenes a partir del tipo de material predominante.
- Uniformidad de las secciones del cauce.
- Presencia de obstrucciones.
- Altura, densidad y tamaño de la vegetación en el cauce y márgenes.
- Estabilidad del cauce y de las márgenes, determinar si es estática o dinámicamente estable o inestable.
- Tipo de flujo predominante y existencia de una sección de control.
- Huellas de crecientes máximas en el sitio de implantación o zonas aledañas.
- Características geométricas del cauce: ancho del cauce, ancho de la llanura de inundación.
- Tipo y granulometría del material del lecho del río.
- Indicios de fenómenos de socavación.
- Verificación de la sección donde se implantará el puente.

3. Luego se procedió a la recopilación de la siguiente información necesaria para el desarrollo de los diferentes tópicos del estudio:

- Cartografía IGM a escala 1:50.000, hoja Ancón, para la definición de parámetros hidráulicos de la sección.
- Información hidrometeorológica necesaria para caracterizar el régimen hidroclimático de la zona, analizar las intensidades de lluvia, cuantificar los volúmenes de escurrimiento y establecer valores representativos para la zona.

- Levantamiento topográfico que permite el dibujo desde escala 1:100 del sitio de implantación del puente, con sus respectivas secciones transversales, pendientes, información que está disponible en archivos digitales
4. Concluidas las fases anteriores se procedió a realizar los diferentes cálculos matemáticos, actividades que se concentraron en los siguientes aspectos:
- Fundamentándose en la información cartográfica y topográfica, se ubicó el sitio de implantación del puente, se calculó los parámetros hidráulicos y la recurrencia de diseño.
  - La precipitación, factor determinante del régimen hidrológico, la temperatura y otros parámetros meteorológicos para la zona se analizaron a nivel de valores medios.
  - Modelación hidráulica del río en el tramo de implantación del puente, para establecer el nivel máximo del agua mediante el registro de los niveles de las mareas.
  - El galibo de seguridad mínima adoptado equivale a 2.0 m (distancia entre la lámina de agua correspondiente al caudal máximo de crecida y el extremo inferior de las vigas del puente), según las normas del MTOP.
  - Finalmente, se realizó un estudio para determinar el nivel de socavación local en cada estribo, mediante la aplicación del método K. F. Artamonov.

#### **4.4.4.2. TRABAJO DE CAMPO**

El propósito es llegar a comprender el comportamiento del cauce inspeccionando sus fronteras, preferiblemente con altos niveles de las mareas. La información que se obtenga permitirá predecir el comportamiento del cauce debido a cambios en las condiciones existentes.

Luego se inspeccionó el sitio de cruce seleccionado definiéndose las principales características de implantación del puente especialmente las relacionadas con su geometría, orientación con respecto al cauce principal, protección del entorno y metodología constructiva a adoptarse.

Adicionalmente, se analizaron las principales características morfológicas, topográficas y de hidráulica fluvial "in situ", sobre todo las directamente relacionadas con los grados de libertad del cauce, es decir con las variaciones de calado, ancho y pendiente longitudinal durante el paso de las mareas.

Luego de recopilar y procesar la información de campo, se analizó en gabinete el sitio considerado para la implantación del puente de un solo vano con una luz mínima de 105.0 metros.

Al final de la evaluación de la información obtenida, se procede a realizar los trabajos detallados de campo. Entre estos trabajos ejecutados se incluye los siguientes:

- Levantamiento topográfico de una zona amplia que permita definir el comportamiento hidráulico del río y conocer la forma del cauce en planta y la llanura de inundación.
- Levantamiento de secciones transversales del cauce y la llanura de inundación.
- Análisis del material del lecho del río.

El sitio donde se implementará el puente presenta en general características estables tanto en el cauce como en los taludes.

El lecho del río es de tipo aluvial formado por arena en su mayor porcentaje y la cobertura del área de intervención es bosque intervenido y bosque de manglares.

El material del lecho del río tiene dimensiones promedio de 0.2 mm de diámetro.

## **4.5. ESTUDIO AMBIENTAL**

### **4.5.1. ANTECEDENTES**

Para llegar al sitio donde se implantará el puente se parte desde el poblado San Lorenzo y se recorre 6 kilómetros en dirección al poblado Tambillito por una vía en condiciones regulares, previo al punto de implantación se encuentra una hacienda con sembríos de palma africana, según lo informado por la señora Mirian Malena Solís Segura presidenta del Gobierno Autónomo Parroquial de Tambillo.

El sistema vial de este sector está compuesto por carreteras de tercer orden, distinguiéndose la vía y el sendero que comunica los poblados de San Lorenzo (cabecera cantonal), Tambillito (poblado) y Tambillo (cabecera parroquial).

## 4.5.2. PROCEDIMIENTO

### 4.5.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

**Tabla 26:** Descripción del Proceso

<b>INTERACCIÓN EN EL PROCESO</b>		
<b>MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS</b>	<b>FASE DEL PROCESO</b>	<b>IMPACTOS POTENCIALES</b>
Herramientas manuales, volquetas, maquinaria para movimiento de tierras	Adecuación de bodegas y baños alquilados	Afectación a la calidad del suelo en el sector de su emplazamiento, debido a la producción de residuos sólidos, básicamente constituidos de materia orgánica biodegradable (desechos de la cocina, papel higiénico, material fungible, etc.)
Maquinaria pesada para movimientos de tierras y vehículos de transporte de materiales	Desbroce, limpieza y evacuación de escombros	Emisiones de polvo y gases, ruido, cambio de uso del suelo, alteración del paisaje.
Maquinaria pesada para remoción de tierras	Cimentación y excavaciones	Alteración de la estructura del suelo, emisiones de polvo y gases,
Maquinaria pesada	Obtención de materiales (explotación de minas y canteras)	Producción de polvo y ruido, impacto a la calidad del agua y a la calidad del suelo
Maquinaria pesada	Colocación de hormigón	Producción de polvo, gases y generación de ruido

<b>INTERACCIÓN EN EL PROCESO</b>		
<b>MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS</b>	<b>FASE DEL PROCESO</b>	<b>IMPACTOS POTENCIALES</b>
Maquinaria pesada (Grúa) para montaje de la estructura metálica del puente)	Montaje de la estructura del puente	Producción de polvo, gases y generación de ruido
Vehículos de transporte de personas	Operación y mantenimiento	Afectación a la calidad del aire por los gases y partículas que salen de los escapes de los automotores que circularían por el puente.  Se beneficia a las personas de la zona correspondiente al sector, la parroquia e incluso el cantón (Impacto Positivo).

## CAPÍTULO V

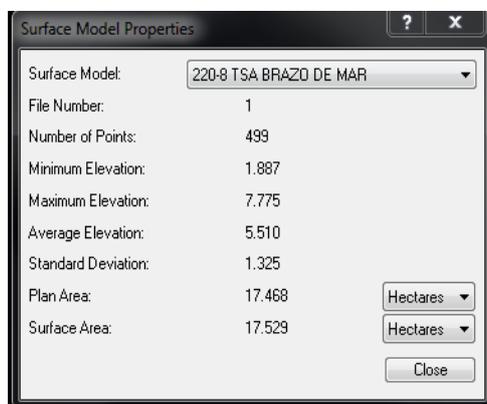
### 5. RESULTADOS

#### 5.1. RESULTADOS DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

##### 5.1.1. CREACIÓN DE MODELO DIGITAL Y SUPERFICIE CON CURVAS

Con los puntos obtenidos se procedió al ingreso e importación de los mismos en el software Eagle Point, en el producto Surface modeling generando una triangulación que abarca todos los puntos obtenidos previo a la unión con poli líneas tipo 3D para las líneas de rotura o elementos de corte en el proceso de triangulación generándose una superficie total levantada de 17.529 hectáreas.

**Tabla 27:** Estadística de levantamiento



Property	Value	Unit
Surface Model:	220-8 TSA BRAZD DE MAR	
File Number:	1	
Number of Points:	499	
Minimum Elevation:	1.887	
Maximum Elevation:	7.775	
Average Elevation:	5.510	
Standard Deviation:	1.325	
Plan Area:	17.468	Hectares
Surface Area:	17.529	Hectares

**Fuente:** GEOPLADES Cía. Ltda.

##### 5.1.2. RESULTADOS DE LEVANTAMIENTO

La topografía se ha generado en un modelo digital, así como también los planos adjuntos como resultado del levantamiento reflejando las condiciones actuales del terreno en el área delimitada.

### 5.1.3. PUNTOS DE TOPOGRAFÍA

**Tabla 28:** Puntos de topografía

NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION	NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
93	10138238.6	737756.36	6.05	AUX1	446	10138254.4	737765.546	4.149	BI
136	10138295.4	737666.618	5.74	AUX2	447	10138267.3	737777.29	4.227	BI
109	10138329.9	737717.085	3.822	BI	448	10138267	737783.329	4.232	BI
110	10138326.6	737712.039	3.799	BI	449	10138309.2	737822.521	4.147	BI
111	10138321.7	737706.393	3.796	BI	450	10138324.3	737838.699	4.198	BI
112	10138317	737701.483	3.798	BI	451	10138346.3	737858.041	4.267	BI
113	10138313.3	737696.441	3.794	BI	452	10138356	737873.559	4.252	BI
114	10138308.3	737691.678	3.804	BI	453	10138380.2	737893.157	4.25	BI
115	10138302.2	737686.629	3.797	BI	454	10138203.8	737738.447	4.078	BI
116	10138296.3	737680.352	3.801	BI	27	10138149.4	737830.136	6.276	BS
117	10138289.7	737674.698	3.796	BI	37	10138163.1	737847.753	5.869	BS
118	10138279.5	737667.361	3.799	BI	39	10138166.3	737842.957	5.669	BS
119	10138270.6	737661.049	3.806	BI	40	10138189.9	737867.315	6.182	BS
120	10138262.4	737655.319	3.798	BI	41	10138193.9	737874.685	5.967	BS
121	10138254.5	737647.937	3.807	BI	43	10138183.3	737859.104	6.144	BS
122	10138246.8	737642.561	3.815	BI	45	10138187.8	737854.267	5.944	BS
123	10138240	737637.327	3.798	BI	47	10138189.5	737879.479	7.775	BS
124	10138233.8	737631.396	3.807	BI	48	10138199.7	737871.525	5.896	BS
125	10138220.9	737614.248	3.83	BI	49	10138197.5	737887.87	6.102	BS
131	10138242	737754.036	3.843	BI	51	10138203.7	737884.102	5.529	BS
132	10138237.8	737750.728	3.847	BI	53	10138211	737904.715	5.76	BS
133	10138232.8	737747.247	3.858	BI	54	10138204	737906.767	5.76	BS
153	10138233.8	737749.523	4.066	BI	58	10138216.2	737923.454	4.888	BS
154	10138229.5	737746.299	4.046	BI	59	10138207.4	737925.86	5.488	BS
155	10138222.3	737742.777	4.065	BI	94	10138309.4	737690.882	5.361	BS
156	10138218.4	737740.787	4.055	BI	95	10138321.7	737704.207	5.51	BS
157	10138212.8	737739.297	4.073	BI	96	10138333.1	737717.061	5.423	BS
158	10138196.2	737744.348	4.07	BI	97	10138346.2	737730.777	5.256	BS
161	10138244.7	737755.92	4.086	BI	98	10138352.8	737737.397	5.446	BS
162	10138251.5	737762.323	4.089	BI	99	10138359.2	737745.334	5.549	BS
164	10138256.7	737767.9	4.215	BI	100	10138383	737753.563	5.435	BS
165	10138263.1	737773.327	4.21	BI	101	10138381.1	737766.32	5.39	BS
166	10138268.8	737786.264	4.246	BI	102	10138403.2	737800.871	5.77	BS
167	10138278.8	737795.537	4.217	BI	103	10138302.2	737684.831	5.506	BS
168	10138292.2	737806.91	4.225	BI	104	10138295.2	737664.913	5.762	BS
169	10138301.1	737813.819	4.245	BI	105	10138252.4	737766.129	5.562	BS
170	10138316.7	737830.274	4.127	BI	106	10138259	737770.441	5.713	BS
171	10138334	737842.809	4.265	BI	107	10138260.9	737776.077	5.958	BS
172	10138365.8	737885.989	4.245	BI	126	10138286.4	737670.151	5.374	BS
173	10138395.3	737896.733	4.259	BI	127	10138273.3	737660.48	5.509	BS
183	10138315.5	737697.921	4.361	BI	128	10138258.4	737649.192	5.532	BS
437	10138334.6	737724.45	3.816	BI	129	10138247	737640.711	5.349	BS
438	10138342.6	737732.13	3.827	BI	130	10138224.7	737619.294	5.697	BS
439	10138348	737740.403	3.798	BI	134	10138243.5	737757.579	5.777	BS
440	10138356.7	737745.644	3.809	BI	135	10138228.8	737749.372	6.479	BS
441	10138379.2	737754.609	3.827	BI	159	10138206.8	737741.51	5.944	BS
442	10138378.9	737766.842	3.818	BI	160	10138220.3	737744.876	6.262	BS
443	10138390.6	737785.144	3.808	BI	174	10138265.6	737777.888	5.392	BS
444	10138399.8	737800.854	3.819	BI	175	10138264.4	737788.029	5.47	BS
445	10138248.1	737759.375	4.09	BI	176	10138272.3	737789.028	5.455	BS

NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION	NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
177	10138276.1	737796.804	5.763	BS	205	10138348.5	737644.289	6.394	EJE
178	10138272.1	737815.344	5.88	BS	217	10138361	737627.462	6.523	EJE
179	10138285.2	737829.9	6.178	BS	228	10138373.1	737612.314	6.433	EJE
180	10138293.1	737808.598	6.151	BS	239	10138388.3	737592.608	6.615	EJE
181	10138319	737838.229	6.191	BS	250	10138407.8	737568.165	6.537	EJE
182	10138342.3	737861.623	6.053	BS	261	10138415.4	737559.576	6.57	EJE
184	10138315.6	737694.845	4.357	BS	34	10138165.1	737844.827	3.669	F
273	10138240.1	737611.066	5.745	BS	35	10138148.3	737833.636	3.269	F
274	10138293.7	737419.378	5.995	BS	36	10138135.3	737824.889	2.669	F
275	10138396.8	737228.448	6.345	BS	42	10138186.2	737855.989	3.844	F
279	10138094.1	737889.437	5.745	BS	46	10138196.6	737870.64	3.93	F
287	10138269.9	737516.737	5.845	BS	50	10138202.2	737884.482	4.029	F
291	10138282.8	737471.201	5.925	BS	52	10138208.9	737905.336	4.16	F
301	10138486.8	737802.094	5.798	BS	56	10138213.3	737924.25	3.888	F
304	10138580.5	737802.139	5.898	BS	57	10138217.3	737938.843	3.888	F
310	10138346.5	737335.941	5.895	BS	204	10138280.3	737703.638	2.62	F
355	10138363.2	737890.665	5.087	BS	461	10138269.4	737696.017	2.667	F
356	10138394.8	737906.76	5.198	BS	462	10138255.4	737691.171	2.698	F
511	10138222.5	737938.035	4.867	BS	463	10138241.6	737682.639	2.776	F
512	10138212.5	737940.56	5.398	BS	464	10138229	737675.384	2.846	F
137	10138230	737760.141	6.306	COLUMNA	465	10138214.5	737666.83	2.897	F
138	10138230.6	737760.59	6.288	COLUMNA	466	10138200.3	737653.976	2.998	F
139	10138230.2	737761.257	6.321	COLUMNA	467	10138192.7	737669.026	2.978	F
140	10138231.4	737761.16	6.285	COLUMNA	468	10138207.2	737642.72	2.946	F
141	10138232.1	737761.629	6.38	COLUMNA	469	10138207.6	737681.072	2.917	F
142	10138231.7	737762.269	6.437	COLUMNA	470	10138221.4	737656.704	2.867	F
147	10138303	737658.125	6.178	COLUMNA	471	10138221.7	737689.483	2.827	F
148	10138302.5	737658.762	6.205	COLUMNA	472	10138234.1	737666.699	2.867	F
149	10138301.7	737658.237	6.209	COLUMNA	473	10138234.5	737697.187	2.789	F
150	10138301.1	737657.767	6.248	COLUMNA	474	10138246.9	737674.731	2.787	F
455	10138231	737761.806	6.178	COLUMNA	475	10138249	737704.301	2.747	F
456	10138229.5	737760.81	6.197	COLUMNA	476	10138259.6	737683.418	2.728	F
457	10138300.3	737657.198	6.199	COLUMNA	477	10138260.8	737712.295	2.717	F
458	10138300.8	737656.577	6.219	COLUMNA	478	10138273.9	737688.555	2.647	F
459	10138301.6	737657.147	6.208	COLUMNA	479	10138273	737718.339	2.698	F
460	10138302.2	737657.591	6.208	COLUMNA	480	10138284.7	737697.166	2.678	F
306	10138437.8	737540.629	6.666	E	481	10138286.8	737715.381	2.598	F
307	10138464.4	737525.154	6.716	E	482	10138280.1	737726.194	2.627	F
308	10138492.1	737508.548	6.767	E	483	10138294.5	737706.879	2.622	F
309	10138517.5	737493.028	6.827	E	484	10138297.4	737727.715	2.567	F
3	10138212.2	737818.831	6.404	EJE	485	10138291.4	737735.998	2.647	F
11	10138205.5	737832.768	6.336	EJE	486	10138305.3	737722.059	2.598	F
12	10138197.6	737866.618	6.291	EJE	487	10138310.1	737744.671	2.428	F
13	10138201.4	737847.15	6.468	EJE	488	10138304.4	737752.683	2.42	F
23	10138207.4	737829.42	6.461	EJE	489	10138317.4	737739.561	2.367	F
62	10138225.6	737798.46	6.389	EJE	490	10138319.6	737756.394	2.347	F
73	10138233.8	737788.396	6.28	EJE	491	10138314.4	737764.144	2.398	F
82	10138242.1	737778.388	6.124	EJE	492	10138326.3	737749.844	2.328	F
185	10138323.6	737675.035	5.892	EJE	493	10138330.3	737772.707	2.247	F
193	10138333.5	737663.75	6.229	EJE	494	10138325.7	737779.912	2.298	F

NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION	NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
495	10138335.7	737763.835	2.267	F	31	10138280.5	737862.318	6.411	T
496	10138342.3	737790.871	2.198	F	32	10138298.7	737870.53	6.314	T
497	10138336.9	737797.445	2.247	F	33	10138312	737888.478	6.293	T
498	10138349.7	737782.345	2.229	F	38	10138154.4	737860.722	6.669	T
499	10138354.2	737806.592	2.132	F	44	10138172.5	737870.734	7.144	T
500	10138349.1	737815.549	2.156	F	55	10138193.4	737909.837	7.26	T
501	10138361.2	737800.422	2.118	F	60	10138192.1	737930.039	5.988	T
502	10138369.5	737823.798	2.047	F	63	10138210	737785.67	6.489	T
503	10138361.1	737830.593	2.098	F	64	10138194.6	737772.993	6.541	T
504	10138375.1	737817.576	2.028	F	65	10138188.3	737767.831	6.536	T
505	10138388.2	737839.782	1.968	F	66	10138241.1	737811.234	6.269	T
506	10138382.6	737853.127	2.028	F	67	10138256.6	737823.927	6.159	T
507	10138394.6	737831.216	1.927	F	68	10138272	737836.621	6.109	T
508	10138408	737853.773	1.897	F	69	10138287.5	737849.315	6.354	T
509	10138402.1	737864.736	1.977	F	70	10138303	737862.085	6.039	T
510	10138411	737844.738	1.887	F	71	10138318.4	737874.703	5.989	T
1	10138203.5	737838.016	6.544	GPS#1	72	10138334	737887.483	5.937	T
2	10138220.2	737805.031	6.485	GPS#2	74	10138218.3	737775.623	6.5	T
92	10138235.2	737753.372	6.451	GPS#3	75	10138202.8	737762.928	6.58	T
145	10138298.6	737662.419	6.414	GPS#4	76	10138249.4	737801.169	6.228	T
146	10138314.9	737641.134	6.705	GPS#5	77	10138264.9	737813.864	6.195	T
144	10138237.8	737751.72	4.02	MAREA BAJA	78	10138280.3	737826.557	6.13	T
143	10138232.1	737761.641	6.451	MC	79	10138295.8	737839.252	6.06	T
151	10138303.8	737649.916	6.356	P	80	10138311.3	737852.028	5.98	T
152	10138221.3	737759.393	7.372	P	81	10138326.7	737864.64	5.924	T
61	10138250.9	737767.581	5.79	PI#1	83	10138230.4	737768.788	6.324	T
108	10138309.7	737690.559	5.428	PI#2	84	10138214.2	737755.459	6.424	T
163	10138337.6	737659.227	6.305	PI#4	85	10138257.6	737791.162	6.201	T
4	10138193.8	737810.581	6.448	T	86	10138273.1	737803.857	6.139	T
5	10138175.6	737802.382	6.418	T	87	10138288.8	737816.761	6.068	T
6	10138157.2	737794.128	6.446	T	88	10138304	737829.246	5.972	T
7	10138230.5	737827.082	6.384	T	89	10138319.8	737842.195	5.939	T
8	10138248.8	737835.282	6.418	T	90	10138334.9	737854.635	5.899	T
9	10138267	737843.481	6.408	T	91	10138346.4	737873.855	5.839	T
10	10138285.2	737851.681	6.392	T	186	10138338.6	737688.488	5.942	T
14	10138181.7	737842.619	6.368	T	187	10138353.5	737701.858	5.872	T
15	10138162.3	737838.174	6.318	T	188	10138368.4	737715.311	5.904	T
16	10138142.8	737833.699	6.366	T	189	10138383.2	737728.598	5.856	T
17	10138123.3	737829.225	6.312	T	190	10138398.1	737741.967	5.807	T
18	10138221.1	737851.652	6.348	T	191	10138413	737755.337	5.768	T
19	10138237.7	737860.321	6.312	T	192	10138427.9	737768.707	5.738	T
20	10138255.1	737867.717	6.342	T	194	10138318.5	737650.371	6.179	T
21	10138271.6	737880.383	6.248	T	195	10138303.6	737637.076	6.144	T
22	10138292.2	737880.682	6.314	T	196	10138288.3	737623.515	6.247	T
24	10138189.1	737821.158	6.341	T	197	10138273.7	737610.486	6.177	T
25	10138170.8	737812.946	6.305	T	198	10138351.5	737672.005	6.177	T
26	10138152.6	737804.734	6.338	T	199	10138367.7	737685.675	6.129	T
28	10138225.9	737837.737	6.359	T	200	10138378.5	737703.717	6.077	T
29	10138244	737845.895	6.305	T	201	10138396.5	737712.406	6.149	T
30	10138262.2	737854.107	6.276	T	202	10138408.4	737730.394	6.104	T

NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION	NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
203	10138430.8	737739.354	6.206	T	259	10138487.4	737638.17	6.237	T
206	10138332.3	737632.383	6.342	T	260	10138507	737649.641	6.187	T
207	10138316.2	737620.551	6.442	T	262	10138399.6	737547.184	6.584	T
208	10138304.2	737605.014	6.492	T	263	10138383.8	737534.868	6.614	T
209	10138283.9	737596.885	6.499	T	264	10138367.7	737522.281	6.668	T
210	10138364.8	737656.196	6.371	T	265	10138352.3	737510.237	6.715	T
211	10138379	737671.674	6.342	T	266	10138436.7	737565.41	6.52	T
212	10138394.2	737686.238	6.294	T	267	10138452.4	737579.061	6.47	T
213	10138410	737699.89	6.24	T	268	10138469.3	737588.565	6.42	T
214	10138425.4	737710.269	6.205	T	269	10138486.5	737600.876	6.37	T
215	10138444.5	737723.117	6.169	T	270	10138501	737612.165	6.32	T
216	10138461.6	737727.268	6.138	T	271	10138513.4	737627.55	6.27	T
218	10138344.7	737615.531	6.567	T	272	10138526	737645.942	6.22	T
219	10138331.2	737605.097	6.619	T	283	10138256.6	737610.916	5.945	T
220	10138314	737587.517	6.634	T	284	10138252.5	737628.638	5.545	T
221	10138296.4	737579.959	6.665	T	285	10138279.7	737643.948	5.847	T
222	10138377.3	737639.471	6.5	T	286	10138266.7	737637.885	5.695	T
223	10138393.3	737651.251	6.471	T	288	10138258.8	737566.562	5.797	T
224	10138406.7	737666.227	6.438	T	289	10138282.7	737560.241	6.197	T
225	10138422.5	737678.485	6.423	T	290	10138296.3	737533.224	6.297	T
226	10138439.2	737690.778	6.373	T	292	10138316.5	737493.496	6.425	T
227	10138458.7	737704.109	6.273	T	293	10138291.3	737507.981	6.195	T
229	10138357	737600.171	6.448	T	294	10138314.3	737521.761	6.397	T
230	10138344.1	737583.852	6.477	T	295	10138308.2	737461.876	6.225	T
231	10138325.1	737576.027	6.531	T	296	10138263.5	737591.394	5.995	T
232	10138311.3	737558.417	6.568	T	311	10138326.7	737389.854	5.945	T
233	10138391.7	737620.485	6.428	T	312	10138324.8	737438.832	6.195	T
234	10138409.3	737633.279	6.379	T	313	10138339.4	737477.995	6.425	T
235	10138421.7	737651.92	6.333	T	314	10138356.9	737441.683	6.411	T
236	10138441.5	737657.811	6.283	T	315	10138352.4	737412.56	6.225	T
237	10138454.2	737676.472	6.183	T	316	10138356.9	737379.765	5.995	T
238	10138475.8	737684.76	6.133	T	317	10138381.3	737412.878	6.245	T
240	10138372.3	737580.409	6.661	T	318	10138377.3	737351.607	6.095	T
241	10138356.4	737568.286	6.713	T	319	10138390.4	737386.694	6.225	T
242	10138340.5	737556.163	6.72	T	320	10138404.8	737367.953	6.325	T
243	10138324.6	737544.027	6.759	T	321	10138375.5	737294.444	6.095	T
244	10138408.3	737599.706	6.563	T	322	10138396.3	737337.068	6.225	T
245	10138425	737613.859	6.515	T	323	10138369.8	737482.389	6.72	T
246	10138440.7	737627.977	6.465	T	324	10138396.2	737505.93	6.697	T
247	10138458.4	737640.772	6.415	T	325	10138417.2	737526.041	6.678	T
248	10138471.3	737657.106	6.365	T	326	10138390.3	737451.823	6.748	T
249	10138494.2	737666.378	6.315	T	327	10138412.5	737480.828	6.767	T
251	10138385.6	737561.781	6.581	T	328	10138435.6	737507.456	6.731	T
252	10138369.6	737551.495	6.632	T	329	10138409	737425.209	6.798	T
253	10138352.7	737538.276	6.679	T	330	10138426	737400.941	6.847	T
254	10138337.3	737522.702	6.732	T	331	10138431	737459.032	6.831	T
255	10138421.5	737584.382	6.485	T	332	10138458.7	737491.467	6.8	T
256	10138435.9	737596.585	6.437	T	333	10138448.8	737434.795	6.867	T
257	10138453.5	737612.17	6.383	T	334	10138475.7	737468.805	6.831	T
258	10138469.7	737624.91	6.287	T	335	10138503.3	737460.229	6.797	T

NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION	NUMERO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
336	10138481.7	737437.677	6.747	T	388	10138130.1	737886.384	6.145	T
337	10138459.2	737415.096	6.728	T	389	10138155.6	737884.878	6.698	T
338	10138443.4	737387.143	6.698	T	390	10138171.3	737891.974	6.998	T
339	10138428.3	737363.235	6.345	T	391	10138182.4	737900.889	7.098	T
340	10138453.2	737556.607	6.47	T	392	10138138.5	737901.182	6.195	T
341	10138474.9	737571.309	6.37	T	393	10138152.8	737906.226	6.395	T
342	10138498.5	737584.276	6.27	T	394	10138171.2	737919.915	6.195	T
343	10138519.4	737604.369	6.31	T	395	10138398.3	737764.037	5.568	T
344	10138540.1	737629.878	6.25	T	396	10138415.5	737784.799	5.75	T
345	10138557.6	737614.887	6.27	T	397	10138437	737786.043	5.78	T
346	10138539.6	737598.52	6.37	T	398	10138440.4	737760.3	5.898	T
347	10138520.3	737583.31	6.43	T	399	10138454.1	737783.663	5.81	T
348	10138470.9	737550.665	6.567	T	400	10138458.9	737755.233	5.998	T
349	10138491.9	737537.62	6.698	T	401	10138474.3	737781.401	5.91	T
350	10138522.2	737518.908	6.727	T	402	10138475.5	737764.707	6.03	T
351	10138495.7	737564.281	6.37	T	403	10138478	737717.921	6.048	T
352	10138521.3	737556.236	6.587	T	404	10138465.3	737738.131	6.028	T
353	10138542.2	737576.329	6.43	T	405	10138494.8	737782.727	5.85	T
354	10138538.6	737546.661	6.547	T	406	10138493.7	737703.232	6.098	T
357	10138201.6	737798.84	6.468	T	407	10138489	737746.213	5.97	T
358	10138187.8	737791.936	6.432	T	408	10138503.9	737764.746	5.88	T
359	10138173.6	737783.422	6.496	T	409	10138503.3	737731.49	6.03	T
360	10138209.8	737771.296	6.547	T	410	10138508	737690.034	6.148	T
361	10138200.9	737782.89	6.519	T	411	10138516.5	737715.959	6.118	T
362	10138167	737828.281	6.295	T	412	10138518.6	737749.655	5.93	T
363	10138213.3	737869.632	6.398	T	413	10138518.5	737782.5	5.85	T
364	10138229.6	737875.927	6.348	T	414	10138520	737674.841	6.188	T
365	10138246.4	737882.589	6.298	T	415	10138530.4	737702.746	6.148	T
366	10138263.2	737894.209	6.258	T	416	10138531.8	737734.887	5.96	T
367	10138220.4	737894.317	6.16	T	417	10138534.3	737770.505	5.88	T
368	10138227	737917.209	5.432	T	418	10138543.1	737671.533	6.218	T
369	10138235.7	737902.69	5.76	T	419	10138559.4	737654.976	6.248	T
370	10138249.6	737909.595	5.75	T	420	10138548.1	737699.612	6.178	T
371	10138240	737928.677	5.665	T	421	10138564.6	737686.503	6.228	T
372	10138255.5	737946.485	5.431	T	422	10138549.6	737728.321	6	T
373	10138262.9	737931.538	5.65	T	423	10138567.2	737719.07	6.07	T
374	10138273.4	737917.239	6.058	T	424	10138550.3	737760.433	5.92	T
375	10138284.4	737903.484	6.168	T	425	10138562.4	737784.583	5.91	T
376	10138303.8	737906.859	6.228	T	426	10138570	737755.847	5.95	T
377	10138349	737904.413	5.797	T	427	10138109.7	737905.679	5.795	T
378	10138325.8	737908.238	5.947	T	428	10138123.4	737912.991	5.895	T
379	10138372.3	737912.67	5.348	T	429	10138137.4	737930.735	5.945	T
380	10138290.8	737929.469	5.858	T	430	10138154.7	737941.31	6.025	T
381	10138279	737950.022	5.55	T	431	10138172.7	737946.701	5.945	T
382	10138311	737936.556	5.758	T	432	10138197.5	737951.835	5.788	T
383	10138333.8	737931.661	5.558	T	433	10138183.9	737967.467	5.895	T
384	10138354.3	737929.833	5.431	T	434	10138403.3	737309.165	6.325	T
385	10138130.8	737853.978	6.412	T	435	10138392.2	737265.915	6.195	T
386	10138116	737877.353	6.045	T	436	10138425.6	737334.627	6.295	T
387	10138141.2	737871.344	6.392	T					

## 5.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO

### 5.2.1 TPDA

- El TPDA al finalizar el período del proyecto es de 40 vehículos/día.
- En base al TPDA calculado y según la NEVI-12, la vía pertenece a la clasificación funcional C3.

**Tabla 29:** Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

Clasificación Funcional de las Vías en base al $TPDA_d$			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual ( $TPDA_d$ ) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovia o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: NEVI -12.

- Las características de diseño geométrico se utilizarán según las indicadas en las Normas de Diseño Geométrico del Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

**Tabla 30:** Valores de diseño recomendadas para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

NORMAS	CLASE I 3.000 - 8.000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE II 1.000 - 3.000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE III 300 - 1.000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE IV 100 - 300 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE V MENOS DE 100 TPDA <sup>(1)</sup>											
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M			
Velocidad de diseño (k.p.h)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 <sup>(9)</sup>	60	50	40	50	35	25 <sup>(9)</sup>	40	30	20	30	25	20 <sup>(9)</sup>
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	42	30	30	20	15			
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	40	30	20			
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	160	110	290	210	150	210	150	110	150	110	70			
Peralte	MAXIMO = 10 %																																			
Coefficiente "K" para: <sup>2</sup>																																				
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	4	3	2			
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	6	3	2			
Gradiente longitudinal <sup>3</sup> máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	8	14	14			
Gradiente longitudinal <sup>4</sup> mínima (%)	0.50%																																			
Ancho de pavimento (m)	7.30		7.30		7.00		6.70		6.70		6.00		6.00		6.00						4 <sup>(8)</sup>															
Clase de pavimento	Carpetas asfáltica y Hormigón						Carpetas asfáltica						Carpetas asfáltica o D.T.S.B						D.T.S.B Capa granular o Empedrado						Capa granular o Empedrado											
Ancho de espaldones <sup>5</sup> estables (m)	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	0.5	0.6 (C.V. Tipo 6 y 7)						-											
Gradiente transversal para pavimento (%)	2.0						2.0						2.0						4.0																	
Gradiente transversal para espaldones (%)	2.0 <sup>(6)</sup> - 4.0						2.0 - 4.0						2.0 - 4.0						4.0 (C.V. Tipo 5 y 5E)																	
Curva de Transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																			
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOTP; HS -																																			
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																			
	Ancho de aceras (m) <sup>(7)</sup> 0.50 m mínimo a cada lado																																			
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																			
	LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																			

- El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico proyectado a 15-20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7.000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una Autopista. Las Normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 KPH más para clase de terreno. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- Longitud de las curvas verticales:  $L = KA$ , en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algébrica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales.  $L = 0.60 V$ , en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- En longitudes cortas menores a 500 m, se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 500 m.
- Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m a 6 m de altura, previo análisis y justificación.
- Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. Se ensanchará la calzada 0.50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos
- Cuando el espaldón esta pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- En los casos en que haya bastante tráfico de peatones, úsense dos aceras completas de 1.20 m de ancho
- Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular
- Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar  $V_p = 20 \text{ Km/h}$  y  $R = 15 \text{ m}$ , siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de

### 5.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELO

#### 5.3.1. CÁLCULOS

El Esfuerzo del suelo admisible ha sido calculado y detallado en los anexos en base a las ecuaciones de:

**Tabla 31:** TERZAGHI Y PECK (1948)

$$q_{adm} = \frac{N \cdot s}{8}$$

$$B \leq 1.20 \text{ m}$$

$$q_{adm} = \frac{N \cdot s}{12} \cdot \left( \frac{B + 0.3}{B} \right)^2$$

$$B > 1.20 \text{ m}$$

**Tabla 32: MEYERHOF (1956)**

$$Q = 12000 \cdot N_{30} \cdot K_d$$

$B < 1.20 \text{ m}$

$$Q = 8000 \cdot N_{30} \cdot K_d \cdot \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$$

$B \geq 1.20 \text{ m}$

$$K_d = 1 + \frac{D}{3 \cdot B}$$

Si  $D < B$

$$K_d = 1.3$$

Si  $D > B$

**Tabla 33: Parry**

$$q_{adm} = 3 \cdot N_m \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Si  $N < 15$   
 $D/B < 1$   
 $B < 2.20 \text{ m}$   
 $N_m$  : valor N a  $D + 3B/4$

En los demás casos:

$$q_{adm} = \frac{N_m \cdot s}{0.3 \cdot B} \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$s$  : asiento  
 $B$  : lado zapata en m

Para el diseño de los cimientos se recomienda una presión admisible de:

$$q_{an} = 39.08 \text{ Ton/m}^2.$$

### 5.3.2. CÁLCULO DE PILOTAJE

Se han analizado los valores de carga en base a las fórmulas para pilotes circulares de 8, 10 y 12 pulgadas en acero con resistencia a la punta, usando los criterios de Meyerhof, y los de la capacidad al fuste por medio de los criterios de Hatanaka y Uchida se ha considerado un factor de seguridad de 3.00

Obteniéndose los resultados siguientes para pilotes de 8", 10" y 12" sondeo 1:

**Tabla 34:** Capacidad portante de suelo 8plg (Sondeo 1)

PROYECTO: "CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN PUEBLO BRAZO DE MAR TAMBILLO - SAN LORENZO"							
Pilotes Circulares de 8 plg	NORTE	ESTE					
SONDEO 1	10138303.770	737649.916					
Diam =	0.2	m		Qp=4,N,σf.Ap	Meyerhof,76		
Fact.Area =	0.850			Qs= σf,N*/100,As			
σf =	150	Kpa					
Ls (m)	N	N*	Ap(m2)	As(m2)	Qp(T)	Qs(T)	Qa(T)
1.000	1	1.00	0.027	0.628	1.63	0.10	0.58
2.000	1	1.00	0.027	1.257	1.63	0.19	0.61
3.000	1	1.00	0.027	1.885	1.63	0.29	0.64
4.000	3	1.50	0.027	2.513	4.90	0.58	1.83
5.000	6	2.40	0.027	3.142	9.80	1.15	3.65
6.000	11	3.83	0.027	3.770	17.97	2.21	6.73
7.000	12	5.00	0.027	4.398	19.60	3.36	7.65
8.000	13	6.00	0.027	5.027	21.23	4.61	8.61
9.000	14	6.89	0.027	5.655	22.87	5.96	9.61
10.000	13	7.50	0.027	6.283	21.23	7.21	9.48
11.000	12	7.91	0.027	6.912	19.60	8.36	9.32
12.000	15	8.50	0.027	7.540	24.50	9.80	11.43
13.000	23	9.62	0.027	8.168	37.56	12.01	16.52
14.000	28	10.93	0.027	8.796	45.73	14.70	20.14
15.000	37	12.67	0.027	9.425	60.43	18.25	26.23
16.000	33	13.94	0.027	10.053	53.90	21.42	25.11
17.000	35	15.18	0.027	10.681	57.16	24.79	27.32
18.000	39	16.50	0.027	11.310	63.70	28.53	30.74
19.000	31	17.26	0.027	11.938	50.63	31.51	27.38
20.000	35	18.15	0.027	12.566	57.16	34.87	30.68
21.000	33	18.86	0.027	13.195	53.90	38.04	30.65
22.000	34	19.55	0.027	13.823	55.53	41.31	32.28
23.000	37	20.30	0.027	14.451	60.43	44.87	35.10
24.000	36	20.96	0.027	15.080	58.80	48.32	35.71
25.000	39	21.68	0.027	15.708	63.70	52.07	38.59

FUENTE: GEOPLADES CÍA. LTDA.

**Tabla 35:** Capacidad portante de suelo 10plg (Sondeo 1)

<b>PROYECTO:</b>		<b>“CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN PUENTE BRAZO DE MAR TAMBILLO - SAN LORENZO”</b>					
	Pilotes Circulares de 10 plg	NORTE	ESTE				
	<b>SONDEO 1</b>	10138303.770	737649.916				
	Diam =	0.25	m	Qp=4,N,σr.Ap		Meyerhof,76	
	Fact.Area =	0.850		Qs= σr,N*/100,As			
	σr =	150	Kpa				
Ls (m)	N	N*	Ap(m2)	As(m2)	Qp(T)	Qs(T)	Qa(T)
1.000	1	1.00	0.042	0.785	2.55	0.12	0.89
2.000	1	1.00	0.042	1.571	2.55	0.24	0.93
3.000	1	1.00	0.042	2.356	2.55	0.36	0.97
4.000	3	1.50	0.042	3.142	7.66	0.72	2.79
5.000	6	2.40	0.042	3.927	15.31	1.44	5.58
6.000	11	3.83	0.042	4.712	28.07	2.76	10.28
7.000	12	5.00	0.042	5.498	30.62	4.20	11.61
8.000	13	6.00	0.042	6.283	33.18	5.76	12.98
9.000	14	6.89	0.042	7.069	35.73	7.45	14.39
10.000	13	7.50	0.042	7.854	33.18	9.01	14.06
11.000	12	7.91	0.042	8.639	30.62	10.45	13.69
12.000	15	8.50	0.042	9.425	38.28	12.25	16.84
13.000	23	9.62	0.042	10.210	58.69	15.01	24.57
14.000	28	10.93	0.042	10.996	71.45	18.37	29.94
15.000	37	12.67	0.042	11.781	94.42	22.82	39.08
16.000	33	13.94	0.042	12.566	84.21	26.78	37.00
17.000	35	15.18	0.042	13.352	89.32	30.98	40.10
18.000	39	16.50	0.042	14.137	99.53	35.67	45.06
19.000	31	17.26	0.042	14.923	79.11	39.39	39.50
20.000	35	18.15	0.042	15.708	89.32	43.59	44.30
21.000	33	18.86	0.042	16.493	84.21	47.56	43.92
22.000	34	19.55	0.042	17.279	86.77	51.64	46.14
23.000	37	20.30	0.042	18.064	94.42	56.08	50.17
24.000	36	20.96	0.042	18.850	91.87	60.41	50.76
25.000	39	21.68	0.042	19.635	99.53	65.09	54.87

FUENTE: GEOPLADES CÍA. LTDA.

**Tabla 36:** Capacidad portante de suelo 8plg (Sondeo 2)

PROYECTO:		"CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN PUEBLO BRAZO DE MAR TAMBILLO - SAN LORENZO"						
Pilotes Circulares de 12 plg		NORTE	ESTE					
SONDEO 1		10138303.770	737649.916					
	Diam =	0.3	m	Qp=4,N,σr.Ap		Meyerhof, 76		
	Fact.Area =	0.850		Qs= σr,N*/100,As				
	σr =	150	Kpa					
Ls (m)	N	N*	Ap(m2)	As(m2)	Qp(T)	Qs(T)	Qa(T)	
1.000	1	1.00	0.060	0.942	3.67	0.14	1.27	
2.000	1	1.00	0.060	1.885	3.67	0.29	1.32	
3.000	1	1.00	0.060	2.827	3.67	0.43	1.37	
4.000	3	1.50	0.060	3.770	11.02	0.86	3.96	
5.000	6	2.40	0.060	4.712	22.05	1.73	7.93	
6.000	11	3.83	0.060	5.655	40.42	3.31	14.58	
7.000	12	5.00	0.060	6.597	44.10	5.04	16.38	
8.000	13	6.00	0.060	7.540	47.77	6.92	18.23	
9.000	14	6.89	0.060	8.482	51.45	8.93	20.13	
10.000	13	7.50	0.060	9.425	47.77	10.81	19.53	
11.000	12	7.91	0.060	10.367	44.10	12.54	18.88	
12.000	15	8.50	0.060	11.310	55.12	14.70	23.27	
13.000	23	9.62	0.060	12.252	84.52	18.01	34.18	
14.000	28	10.93	0.060	13.195	102.89	22.05	41.65	
15.000	37	12.67	0.060	14.137	135.97	27.38	54.45	
16.000	33	13.94	0.060	15.080	121.27	32.14	51.13	
17.000	35	15.18	0.060	16.022	128.62	37.18	55.27	
18.000	39	16.50	0.060	16.965	143.32	42.80	62.04	
19.000	31	17.26	0.060	17.907	113.92	47.27	53.73	
20.000	35	18.15	0.060	18.850	128.62	52.31	60.31	
21.000	33	18.86	0.060	19.792	121.27	57.07	59.45	
22.000	34	19.55	0.060	20.735	124.94	61.97	62.30	
23.000	37	20.30	0.060	21.677	135.97	67.30	67.76	
24.000	36	20.96	0.060	22.619	132.29	72.49	68.26	
25.000	39	21.68	0.060	23.562	143.32	78.11	73.81	

FUENTE: GEOPLADES CÍA. LTDA.

**Tabla 37:** Capacidad portante de suelo 10plg (Sondeo 2)

PROYECTO: "CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN PUENTE BRAZO DE MAR TAMBILLO - SAN LORENZO"							
Pilotes Circulares de 10 plg		NORTE	ESTE				
SONDEO 2		10138221.270	737759.390				
	Diam =	0.25	m	Qp=4,N,σf,Ap		Meyerhof, 76	
	Fact.Area =	0.850		Qs= σf,N*/100,As			
	σf =	150	Kpa				
Ls (m)	N	N*	Ap(m2)	As(m2)	Qp(T)	Qs(T)	Qa(T)
1.000	1	1.00	0.042	0.785	2.55	0.12	0.89
2.000	1	1.00	0.042	1.571	2.55	0.24	0.93
3.000	1	1.00	0.042	2.356	2.55	0.36	0.97
4.000	3	1.50	0.042	3.142	7.66	0.72	2.79
5.000	5	2.20	0.042	3.927	12.76	1.32	4.69
6.000	11	3.67	0.042	4.712	28.07	2.64	10.24
7.000	12	4.86	0.042	5.498	30.62	4.08	11.57
8.000	12	5.75	0.042	6.283	30.62	5.52	12.05
9.000	15	6.78	0.042	7.069	38.28	7.33	15.20
10.000	14	7.50	0.042	7.854	35.73	9.01	14.91
11.000	16	8.27	0.042	8.639	40.83	10.93	17.25
12.000	13	8.67	0.042	9.425	33.18	12.49	15.22
13.000	12	8.92	0.042	10.210	30.62	13.93	14.85
14.000	19	9.64	0.042	10.996	48.49	16.21	21.57
15.000	22	10.47	0.042	11.781	56.14	18.85	25.00
16.000	27	11.50	0.042	12.566	68.90	22.10	30.33
17.000	31	12.65	0.042	13.352	79.11	25.82	34.98
18.000	34	13.83	0.042	14.137	86.77	29.90	38.89
19.000	31	14.74	0.042	14.923	79.11	33.63	37.58
20.000	39	15.95	0.042	15.708	99.53	38.31	45.94
21.000	35	16.86	0.042	16.493	89.32	42.51	43.94
22.000	33	17.59	0.042	17.279	84.21	46.48	43.56
23.000	39	18.52	0.042	18.064	99.53	51.16	50.23
24.000	41	19.46	0.042	18.850	104.63	56.08	53.57
25.000	38	20.20	0.042	19.635	96.97	60.65	52.54
26.000	37	20.85	0.042	20.420	94.42	65.09	53.17

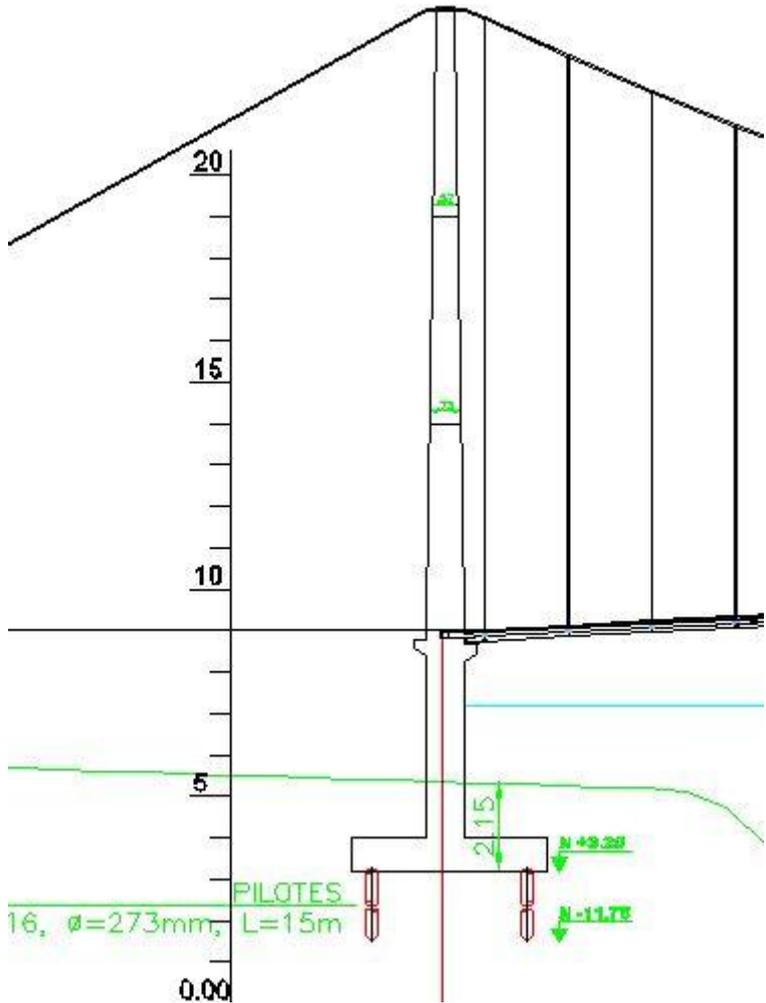
FUENTE: GEOPLADES CÍA. LTDA.

**Tabla 38:** Capacidad portante de suelo 12plg (Sondeo 2)

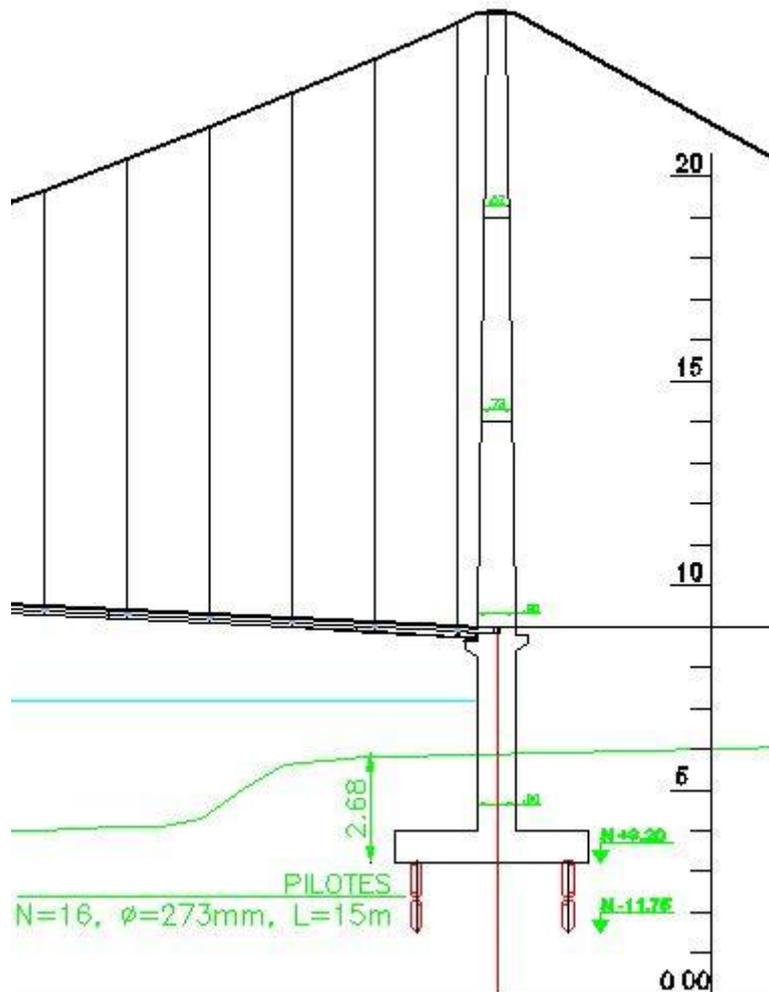
PROYECTO:		"CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN PUEBLO BRAZO DE MAR TAMBILLO - SAN LORENZO"					
Pilotes Circulares de 12 plg	NORTE	ESTE					
SONDEO 2	10138221.270	737759.390					
Diam =	0.3	m			Qp=4,N,σr.Ap	Meyerhof,76	
Fact.Area =	0.850				Qs= σr,N*/100,As		
σr =	150	Kpa					
Ls (m)	N	N*	Ap(m2)	As(m2)	Qp(T)	Qs(T)	Qa(T)
1.000	1	1.00	0.060	0.942	3.67	0.14	1.27
2.000	1	1.00	0.060	1.885	3.67	0.29	1.32
3.000	1	1.00	0.060	2.827	3.67	0.43	1.37
4.000	3	1.50	0.060	3.770	11.02	0.86	3.96
5.000	5	2.20	0.060	4.712	18.37	1.59	6.65
6.000	11	3.67	0.060	5.655	40.42	3.17	14.53
7.000	12	4.86	0.060	6.597	44.10	4.90	16.33
8.000	12	5.75	0.060	7.540	44.10	6.63	16.91
9.000	15	6.78	0.060	8.482	55.12	8.79	21.30
10.000	14	7.50	0.060	9.425	51.45	10.81	20.75
11.000	16	8.27	0.060	10.367	58.80	13.11	23.97
12.000	13	8.67	0.060	11.310	47.77	14.99	20.92
13.000	12	8.92	0.060	12.252	44.10	16.72	20.27
14.000	19	9.64	0.060	13.195	69.82	19.45	29.76
15.000	22	10.47	0.060	14.137	80.85	22.63	34.49
16.000	27	11.50	0.060	15.080	99.22	26.52	41.91
17.000	31	12.65	0.060	16.022	113.92	30.98	48.30
18.000	34	13.83	0.060	16.965	124.94	35.88	53.61
19.000	31	14.74	0.060	17.907	113.92	40.35	51.42
20.000	39	15.95	0.060	18.850	143.32	45.97	63.10
21.000	35	16.86	0.060	19.792	128.62	51.01	59.88
22.000	33	17.59	0.060	20.735	121.27	55.77	59.01
23.000	39	18.52	0.060	21.677	143.32	61.39	68.24
24.000	41	19.46	0.060	22.619	150.67	67.30	72.66
25.000	38	20.20	0.060	23.562	139.64	72.78	70.81
26.000	37	20.85	0.060	24.504	135.97	78.11	71.36

FUENTE: GEOPLADES CÍA. LTDA.

**Ilustración 10:** Detalle de cimentación abscisa 0+285.20



**Ilustración 11:** Detalle de cimentación abscisa 0+390.20



- Se deberá considerar que los pilotes deberán hincarse hasta encontrar el estrato resistente, para lo cual se deberá emplear un martillo de 4200lb y el criterio de rechazo será de 30 golpes/plg con una eficiencia del 50%.

## 5.4. RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 5.4.1. PARÁMETROS CLIMÁTICOS

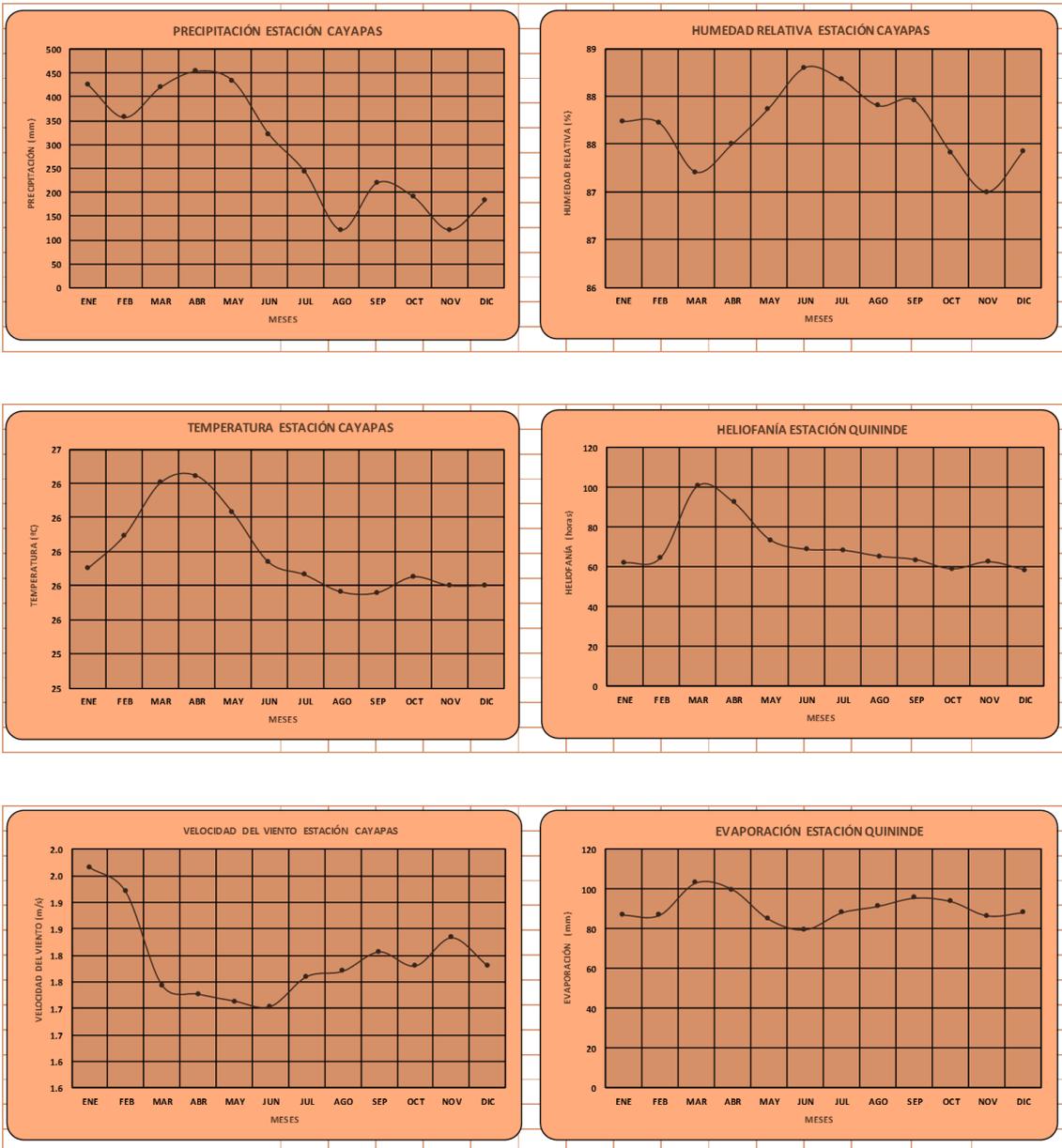
Para estudiar el clima es necesario analizar los elementos del tiempo meteorológico como: temperatura, humedad, vientos, precipitaciones; de los cuales usualmente la temperatura y la precipitación son los de mayor registro y con los que en muchos casos se caracteriza el clima de una zona o región. Para el caso de la zona donde se ubicará el puente sobre el río Tambillito, se tomaron los parámetros climáticos registrados en las estaciones climatológicas ordinarias Cayapas y Quinindé.

La longitud de la estadística de los diferentes meteoros incide en la menor o mayor certeza para la caracterización del clima, lo ideal es disponer de un registro de muchos años lo cual mejora el análisis.

En la siguiente tabla, se presenta el resumen de los parámetros climatológicos de las estaciones referidas y el análisis de cada uno de ellos.

**Tabla 39:** Resumen Parámetros Climatológicos

PARÁMETRO (Valores medios mensuales)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media	TOTAL
<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>	423.7	355.5	419.0	452.6	432.7	320.9	242.0	119.8	218.5	189.9	119.9	181.2	289.6	3,475.4
<b>HUMEDAD RELATIVA (%)</b>	87.7	87.7	87.2	87.5	87.9	88.3	88.2	87.9	88.0	87.4	87.0	87.4	87.7	
<b>HELIOFANÍA (horas)</b>	62.0	64.6	100.7	92.7	73.6	68.8	68.4	65.2	63.6	58.8	62.5	58.3	69.9	839.2
<b>TEMPERATURA MEDIA (°C)</b>	25.9	26.1	26.4	26.4	26.2	25.9	25.9	25.8	25.8	25.9	25.8	25.8	26.0	
<b>VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)</b>	2.0	1.9	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
<b>EVAPORACIÓN POTENCIAL (mm)</b>	87.1	87.0	103.1	99.9	85.0	79.8	88.2	91.4	95.5	93.9	86.7	88.4	90.5	1,086.0
<b>ETP J. GARCÍA B. Y J. LÓPEZ D. (mm)</b>	122.6	112.2	127.8	123.4	125.0	117.8	121.4	121.2	117.1	122.9	119.4	122.5	121.1	1,453.2
<b>ETP THORNTHWAITE (mm)</b>	128.4	119.1	136.9	133.2	133.1	123.8	126.7	124.9	121.3	127.0	122.5	126.6	127.0	1,523.5



FUENTE: GEOPLADES CÍA. LTDA.

## 5.4.2. TEMPERATURA

La temperatura del aire, es un parámetro climático que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados, depende de la mayor o menor insolación o

radiación solar que a su vez se relacionan con la humedad atmosférica, la precipitación, nubosidad, la velocidad y la frecuencia de los vientos.

Este elemento climático está estrechamente ligado a la altitud geográfica mediante una ley inversa, las características geográficas, la época del año y la hora del día; lo cual genera una excelente correlación lineal entre la altura del terreno y la temperatura media anual. De este elemento depende el sostenimiento de la energía requerida para desarrollar el ciclo hidrológico.

En la zona de estudio los valores de temperatura media mensual en el transcurso del año son relativamente uniformes, con un valor de 26.0 °C, que evidentemente es un valor representativo para la zona de estudio, siendo los meses más cálidos marzo y abril con 26.4 °C, en tanto que los meses más fríos son agosto, septiembre y diciembre con 25.8 °C

Las variaciones en el flujo anual son mínimas y por lo tanto su amplitud no es significativa que está alrededor de 0.6 °C.

### **5.4.3. HUMEDAD RELATIVA**

La humedad del aire se debe al vapor de agua que se encuentra presente en la atmósfera. El vapor procede de la evaporación de los mares y océanos de los ríos, lagos, plantas y otros seres vivos. La cantidad de vapor de agua que puede absorber el aire depende de la temperatura. El aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío.

La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada, esto es, cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100 % más húmedo está.

Cuando la humedad relativa alcanza el valor 100 % se producen fenómenos de condensación como es el caso del rocío.

La humedad relativa media de la zona medida en porcentaje con respecto al aire saturado hasta el punto de rocío, a partir de los datos medidos en la estación de Cayapas, es de 87.7 %. Los valores máximos se presentan en el mes de junio, con un máximo de 88.3 % en tanto que en noviembre desciende hasta 87.0 %.

#### **5.4.4. HELIOFANIA**

La heliofanía expresada en horas y décimas de hora de brillo de sol, está inversamente relacionada con la nubosidad, obedeciendo a factores de mayor o menor precipitación, latitud y altitud.

En la zona del puente sobre el río Tambillito tomando como referencia a la estación Quinindé, el sol brilla 839.2 horas anuales, para un valor de 69.93 horas mensuales. La elevada nubosidad existente en la zona, no favorece el brillo solar.

#### **5.4.5. VELOCIDAD DEL VIENTO**

El viento que es aire en movimiento, es un factor de gran influencia en varios procesos hidrometeorológicos; pues permite transmitir la humedad y el calor al aire y desde el aire.

El viento tiene velocidad y dirección, siendo la dirección del viento la dirección de donde sopla, la velocidad se mide por medio de instrumentos denominados anemómetros, en el caso de la zona donde se ubica el puente sobre el río Tambillito se considera que la velocidad media representativa corresponde a los valores registrados en la estación Cayapas y que son los siguientes: velocidad media 1.8 m/s (6.48 km/hora) con variaciones que van de la velocidad máxima media de 2.0 m/s, en el mes de enero a 1.7 m/s en los meses de marzo, abril, mayo y junio.

#### **5.4.6. EVAPORACIÓN**

Normalmente se considera a la evaporación como un proceso de intercambio de energía, siendo la radiación el factor más importante, más allá de que se ha demostrado que la tasa de

evaporación desde una superficie de agua a una temperatura dada es proporcional a la velocidad del viento. En términos generales se puede decir que la tasa de evaporación es afectada por la radiación solar, la temperatura del aire, la presión de vapor, el viento, la humedad ambiental y posiblemente la presión atmosférica.

Para disponer de información respecto de este parámetro se ha tomado la información registrada en la estación Quinindé, que es la más cercana y única en la provincia de Esmeraldas que cuenta con esta información.

El valor medio de la evaporación mensual para la estación Quinindé tomada como referencia para la zona de influencia del proyecto es 90.5 mm; con un valor anual de 1,086 mm.

La variación estacional de la evaporación, muestra que los valores máximos se producen en el mes de marzo (103.1 mm); situación que se justifica por la alta humedad relativa del aire y el incremento de la velocidad del viento, propio del período húmedo del año.

Los menores índices de evaporación tienen lugar en el mes de junio, 79.8 mm.

#### **5.4.7. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)**

Cuando se estudia el balance hídrico de una determinada superficie de drenaje, interesa esencialmente la determinación de las pérdidas de agua totales o evapotranspiración que conjuntamente con la precipitación resultan ser parámetros meteorológicos fundamentales para la estimación de los recursos hídricos disponibles en una región. Existen varios enfoques para estimar la evaporación real y potencial, sin que ninguno de ellos se pueda aplicar a todos los propósitos. El tipo de datos depende del uso que se persiga, requiriéndose en algunos casos la evapotranspiración media de la cuenca, en tanto que en otros casos existe el interés particular para obras específicas, que podrían inclusive modificar la cobertura vegetal de la zona en estudio.

Los valores de evapotranspiración potencial (ETP) son requeridos para calcular el balance hídrico y realizar la clasificación climática. Para la obtención de este parámetro, se utilizó la fórmula de J. García Benavides y J. López Díaz, que es una ecuación utilizada para las

condiciones geográficas de nuestro país (trópicos entre 15° N y 15° S). Con el fin de observar la validez del método, se comparan los valores determinados con los obtenidos con el método de Thornthwaite.

La fórmula aplicada de J. García Benavides y J. López Díaz para el cálculo de la ETP mensual es la siguiente:

$$ETP = [1,21 \times 10^{\frac{7,45t}{234,7+t}} (1 - 0,01HR) + 0,21t - 2,30] \times D$$

t temperatura media mensual, en °C

HR humedad relativa media mensual, en %

D número de días del mes

A partir de los datos de temperatura y humedad relativa media mensual registrados en la estación Cayapas, se estableció un valor de ETP total anual de 1,453.2 mm.

Se estimó también la evapotranspiración potencial mediante el método de Thornthwaite, con la siguiente ecuación:

$$e = 16 \left( \frac{10tm}{I} \right)^a$$

e evapotranspiración mensual sin corregir en mm/mes

tm temperatura media mensual en °C

I índice de calor anual

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$i_j = (tm / 5)^{1.514}$$

a se calcula de la expresión:

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$I = 145.5$$

$$a = 3.5$$

Finalmente a los valores de  $e$  se los corrige en función de ubicación latitudinal que permite determinar las horas sol efectivas.

La ecuación de corrección es la siguiente:

$$ETP = e * \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

N número máximo de horas de sol, depende de la latitud y el mes

D número de días del mes

Con estos valores para la estación referida, se obtuvo un valor anual de  $ETP = 1,523.5$  mm.

Las diferencias observadas en varias estimaciones de la ETP, se deben a la incertidumbre de cálculo, propia de cada metodología, y a las limitaciones en la disponibilidad de información. Pero, en todo caso, se considera que la ETP en el área de estudio es del orden de 1,488.4 mm al año, considerando un valor promedio de los dos métodos.

Los datos recopilados y analizados se presentan en la siguiente tabla, en el que se incluyen los resultados estimados por los Métodos de J. García Benavides y J. López Díaz y Thornthwaite.

**Tabla 40:** Evapotranspiración potencial ETP (mm)

PARÁMETRO (Valores medios mensuales)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media	TOTAL
HUMEDAD RELATIVA (%)	87.7	87.7	87.2	87.5	87.9	88.3	88.2	87.9	88.0	87.4	87.0	87.4	87.7	
TEMPERATURA MEDIA (°C)	25.9	26.1	26.4	26.4	26.2	25.9	25.9	25.8	25.8	25.9	25.8	25.8	26.0	
ETP J. GARCÍA B. Y J. LÓPEZ D. (mm)	122.6	112.2	127.8	123.4	125.0	117.8	121.4	121.2	117.1	122.9	119.4	122.5	121.1	1,453.2
Número de días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
Índice de calor mensual	12.1	12.2	12.4	12.5	12.3	12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.1	145.5
ETP THORNTHWAITE (mm)	128.4	119.1	136.9	133.2	133.1	123.8	126.7	124.9	121.3	127.0	122.5	126.6	127.0	1,523.5

**FUENTE:** GEOPLADES Cía. Ltda.

### 5.4.8. PRECIPITACIÓN

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre. La formación de la precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. En nuestro país es uno de los parámetros que genera impactos negativos en la infraestructura civil, como consecuencia de lluvias de alta intensidad que generan grandes crecidas y luego inundaciones y desestabilización de taludes con deslizamientos de grandes masas de tierra, siendo los puentes una de estas estructuras que de no considerar los efectos de las crecidas pueden ser fácilmente destruidos.

Se considera que la precipitación es uno de los principales elementos que se consideran en una clasificación climática y su interés estriba por que la precipitación es el resultado de numerosos factores atmosféricos y geográficos y por otro en que el agua es un elemento fundamental para la vida de la vegetación, los ecosistemas y la actividad humana.

En nuestro caso para la zona donde se implanta el puente sobre el río Tambillito, se ha tomado como información representativa la precipitación promedio a nivel mensual, en la estación Cayapas, para el período 1990 - 2012, consideradas representativas para la zona del proyecto por su cercanía.

#### **5.4.8.1. FACTORES QUE DETERMINAN LA PRESENCIA DE LAS PRECIPITACIONES EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS**

Las precipitaciones en la provincia de Esmeraldas se encuentran influenciadas por los siguientes factores climáticos:

Por su ubicación en el Ecuador Terrestre, los desplazamientos de la zona de convergencia intertropical agregados a la influencia de las corrientes marinas de Humboldt y del Niño que determinan los períodos secos y lluviosos dentro de la provincia. Esta situación ha determinado que en el extremo norte tengamos clima tropical muy húmedo y hacia el sur continúa siendo tropical pero menos húmedo por la presencia de la brisa del mar

La temperatura media mensual a lo largo del año es relativamente constante, con temperaturas que van desde 26.2 °C hasta los 26.8 °C.

La presencia de selva tropical exuberante con características amazónicas existente en la parte oriental de la provincia, que generan un clima cálido húmedo con características monzónicas a consecuencia de lo cual se producen altas precipitaciones que resultan ser las más altas de la costa ecuatoriana

#### **5.4.8.2. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL**

Utilizando los datos registrados en la estación Cayapas como estación de referencia, se precisó la posible cantidad de precipitación, determinándose que las lluvias anuales alcanzan un promedio de 3,475.4 mm, valor que permite definir a la zona como de alta pluviosidad.

La distribución mensual de la lluvia, al juzgar por los valores obtenidos de la estación Cayapas, ubicada en torno a la zona del proyecto, permite observar el siguiente comportamiento:

- La precipitación se distribuye a lo largo de todo el año, con un periodo de mayor precipitación en los meses de enero a mayo, con un valor máximo de 452.6 mm en el mes de abril.
- Los valores menores se localizan en los meses de junio a diciembre, con valores mínimos de 119.8 y 119.9 mm en los meses de agosto y noviembre respectivamente.

#### **5.4.9. BALANCE HÍDRICO**

El balance hídrico es el sistema mediante el cual se comparan la precipitación ingreso de agua y la evapotranspiración egreso, para el efecto se utilizan las precipitaciones medias mensuales, a pesar de que este parámetro no es un elemento climático regular y su distribución no se ajusta a una curva normal

La evapotranspiración constituye la fase de transferencia del agua a la atmósfera, fruto de la evaporación y de la transpiración vegetal.

Para el caso de la zona donde se ubica el puente sobre el río Tambillito, se ha optado por el caso más simple, puesto que se ha despreciado la variación del agua almacenada en la cuenca. Se considera que, para un largo período, los incrementos tienden a equilibrarse y su valor neto al final puede considerarse igual a cero.

Como puede observarse es necesario el conocimiento de la precipitación y de la evapotranspiración potencial parámetros que permiten establecer el balance hídrico anual. Estos elementos climáticos que intervienen en el cálculo son independientes entre sí.

Las dos magnitudes se evalúan en cantidad de agua por unidad de superficie, pero se traducen generalmente en alturas de agua; la unidad más utilizada es el milímetro. Al ser estas dos magnitudes físicamente homogéneas, se las puede comparar calculando, ya sea su diferencia (precipitaciones menos evaporación), ya sea su relación (precipitaciones sobre evaporación). El balance es evidentemente positivo cuando la diferencia es positiva o cuando la relación es superior a uno.

Es común, en el estudio de los balances hídricos, comparar las precipitaciones  $P$  y la

evapotranspiración potencial ETP, lo cual permite distinguir situaciones diferentes en función de umbrales que son directamente significativos para un lugar o un período dado: Si  $P < ETP$ , la evaporación real será igual a  $P$ ; habrá deducción sobre las reservas, ausencia de escurrimiento; el período se denominará deficitario. Si  $P > ETP$ , la evaporación real será igual al ETP, habrá escurrimiento y constitución de reservas; el período se llamará excedente.

Para el presente estudio, comparando la precipitación y la evapotranspiración potencial ETP con valores medios mensuales, se establece el balance hídrico, para la zona de estudio.

El balance hídrico mensual con la información de la estación Cayapas se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 41:** Balance hídrico LLUVIA – ETP

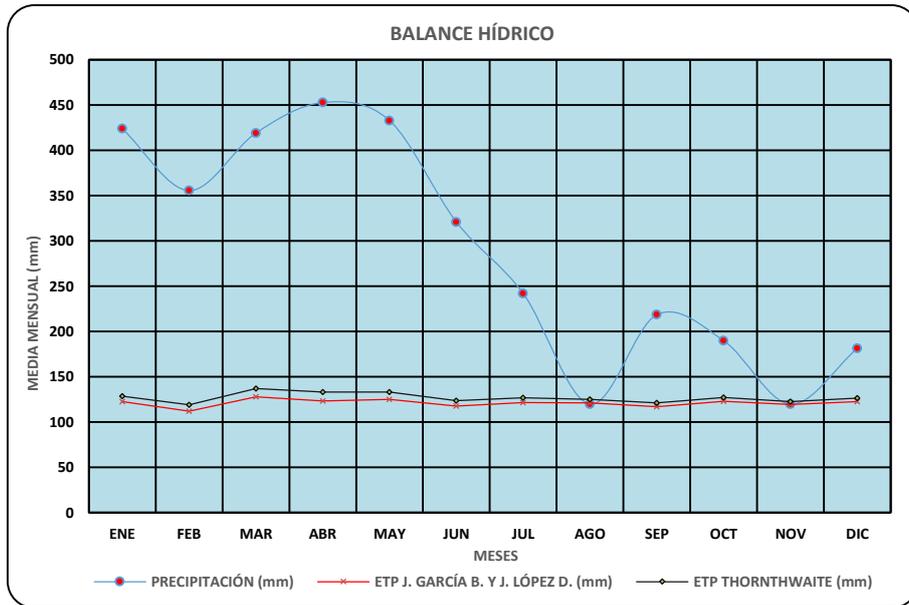
PARÁMETRO (Valores medios mensuales)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media	TOTAL
PRECIPITACIÓN (mm)	423.7	355.5	419.0	452.6	432.7	320.9	242.0	119.8	218.5	189.9	119.9	181.2	289.6	3,475.4
ETP J. GARCÍA B. Y J. LÓPEZ D. (mm)	122.6	112.2	127.8	123.4	125.0	117.8	121.4	121.2	117.1	122.9	119.4	122.5	121.1	1,453.2
ETP THORNTHWAITE (mm)	128.4	119.1	136.9	133.2	133.1	123.8	126.7	124.9	121.3	127.0	122.5	126.6	127.0	1,523.5
BALANCE HÍDRICO (mm)	301.1	243.3	291.2	329.2	307.7	203.0	120.5	-1.4	101.4	67.0	0.5	58.8	168.5	2,022.2

**FUENTE:** GEOPLADES Cía. Ltda.

La evapotranspiración según García y López oscila entre los 127.8 y 117.1 mm.

La precipitación es mayor que la evapotranspiración durante los 11 meses del año, que se puede valorar en el siguiente gráfico.

**Ilustración 12: Balance hídrico LLUVIA – ETP**



**FUENTE:** GEOPLADES Cía. Ltda.

El gráfico del balance hídrico se elaboró en base a la comparación entre los valores de precipitación mensual (mm) y evapotranspiración mensual ETP (mm) según J. García B. y J. López D. y Thornthwaite, presentados anteriormente.

#### 5.4.10. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Para definir las características climáticas de la zona del proyecto se emplea el sistema de clasificación Thornthwaite, metodología que se ajusta a las condiciones geográficas, cuyo procedimiento es el siguiente:

Utilizando los datos generados en el cuadro de balance hídrico se determinan los índices de:

Índice de humedad ( $I_h$ ), relacionando la sumatoria de excesos en el año con la evapotranspiración anual.

$$I_h = \frac{E}{ETP} * 100$$

Índice de aridez (***I<sub>a</sub>***), relacionando la sumatoria de déficit anual con la evapotranspiración.

$$I_a = \frac{D}{ETP} * 100$$

Índice de humedad de Thornthwaite (***I<sub>m</sub>***), restando al índice de humedad el 60 % del valor del índice de aridez.

$$I_m = I_h - 0,6I_a$$

Con el índice de humedad de Thornthwaite, utilizando el cuadro siguiente se determina el tipo climático.

**Tabla 42:** Tipo Climático

Tipo climático	Letra	Índice Global
<b>Perhúmedo</b>	A	$Im > 100$
<b>Húmedo</b>	B4	$100 > Im > 80$
	B3	$80 > Im > 60$
	B2	$60 > Im > 40$
	B1	$40 > Im > 20$
<b>Sub-húmedo a húmedo</b>	C2	$20 > Im > 0$
<b>Seco a sub-húmedo</b>	C1	$0 > Im > -20$
<b>Semiárido</b>	D	$-20 > Im > -40$
<b>Árido</b>	E	$-40 > Im > -60$

**FUENTE:** Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE

Con el valor de índice de aridez se determina la variación estacional de la humedad efectiva, expresado con un símbolo o letra minúscula.

**Tabla 43:** Variación estacional de la humedad efectiva

Símbolo	Significado	
r	Sólo climas húmedos (A, B, C2)	$Ia < 16.7$ Poco o ningún déficit en cualquier estación
	Sólo climas secos (C1, D, E)	$Ih < 10$ Poco o ningún excedente en cualquier estación.
s	Variación estacional de humedad de carácter moderado, siendo el verano la estación más seca.	
	. En climas húmedos (A, B, C2)	$16.7 < Ia < 33.3$ Déficit estival moderado.
	. En climas secos (C, D, E)	$10.0 < Ih < 20.0$ Excedente invernal moderado
w	Variación estacional de humedad de carácter moderado, siendo el invierno la estación más seca.	
	. En climas húmedos (A, B, C2)	$16.7 < Ia < 33.3$ Déficit invernal moderado.
	. En climas secos (C, D, E)	$10.0 < Ih < 20.0$ Excedente estival moderado.
s2	Fuerte variación estacional de humedad, siendo el verano la estación más seca.	
	. En climas húmedos	$Ia > 33.3$ Gran déficit estival.

	. En climas secos	$I_h > 20.0$ Gran déficit invernal.
w2	Fuerte variación estacional de humedad, siendo el invierno la estación más seca.	
	. En climas húmedos	$I_a > 33.3$ Gran déficit invernal.
	. En climas secos	$I_h > 20.0$ Gran déficit estival.

FUENTE: Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE

Con el valor de la evapotranspiración anual, se determina la eficacia térmica media anual.

**Tabla 44:** Eficacia térmica media anual

Índice de eficacia térmica	Símbolo	Tipo de clima
<b>ETP &gt; 1140</b>	A'	Megatermal
<b>1140 &gt; ETP &gt; 997</b>	B4'	Cuarto mesotermal
<b>997 &gt; ETP &gt; 855</b>	B3'	Tercer mesotermal
<b>855 &gt; ETP &gt; 712</b>	B2'	Segundo mesotermal
<b>712 &gt; ETP &gt; 570</b>	B1'	Primer mesotermal

<b>570 &gt; ETP &gt; 427</b>	C2'	Segundo microtermal
<b>427 &gt; ETP &gt; 285</b>	C1'	Primer microtermal
<b>285 &gt; ETP &gt; 142</b>	D'	Clima de tundra
<b>142 &gt; ETP</b>	E'	Clima de hielo

FUENTE: Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE

Mediante el valor de la relación entre la sumatoria de la evapotranspiración de los 3 meses de verano con la evapotranspiración anual y utilizando el cuadro siguiente se determina la concentración estival de la eficacia térmica.

**Tabla 45:** Concentración estival de la eficacia térmica

(ETP de los 3 meses de verano / ETP anual) * 100	Símbolo de Thornthwaite
<b>Valores inferiores a 48.0</b>	a'
<b>Entre 48.0 y 51.9</b>	b4'
<b>Entre 51.9 y 56.3</b>	b3'
<b>Entre 56.3 y 61.6</b>	b2'
<b>Entre 61.6 y 68.0</b>	b1'
<b>Entre 68.0 y 76.3</b>	c2'
<b>Entre 76.3 y 88.0</b>	c1'
<b>Valores superiores a 88.0</b>	d'

FUENTE: Manual de Clasificación Climática de THORNTHWAITE

De acuerdo a la metodología propuesta por Thornthwaite y fundamentada en la eficiencia térmica de la región, el clima de la zona es del tipo *ArA'a'*; Perhúmedo, con poco o ningún déficit en cualquier estación, Megatermal de baja concentración de la eficacia térmica.

## 5.4.11. PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

### 5.4.11.1. RECURRENCIA DE DISEÑO

El periodo de retorno o recurrencia de diseño escogido, se basa en un coeficiente de riesgo R que depende de factores socioeconómicos, de impacto o vulnerabilidad y de diseño que influyen en la vida e importancia de la obra, según se indica a continuación:

**Tabla 46:** Coeficiente de riesgo R

<b>COEFICIENTE DE RIESGO</b>	<b>Tr (años)</b>
$10.0 < R < 16.7$	25
$16.7 < R < 23.3$	50
$23.3 < R < 30.0$	100

**FUENTE:** GEOPLADES Cía. Ltda.

El MTOP en su Manual de Drenaje propone una tabla de selección del coeficiente de riesgos, basado en ponderaciones cuantitativas y cualitativas, la misma que se ha empleado en el presente estudio, obteniéndose los siguientes resultados:

Para el puente en estudio, se obtiene un período de recurrencia de diseño de:

$$R = 25$$

$$Tr = 100 \text{ años}$$

Tomando en cuenta que en el área de estudio ocurren crecidas periódicas e intempestivas, características de la zona y en base al análisis propuesto, se estima conveniente realizar los cálculos para un período de retorno de 100 años.

#### **5.4.12. DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN**

El área de influencia del puente en estudio se ubica en la Zona 1, de la zonificación de intensidades de lluvia propuesto en la publicación “Estudio de Lluvias Intensas” del INAMHI, cuyas ecuaciones son:

$$\text{De } 5 \text{ min} < 130 \text{ min: } I_{TR} = 47.926 t^{-0.3387} Id_{TR}$$

$$\text{De } 130 \text{ min} < 1440 \text{ min: } I_{TR} = 787.57 t^{-0.9154} Id_{TR}$$

$I_{TR}$  intensidad de precipitación, en mm/hora

$t$  duración de la intensidad, igual al tiempo de concentración, en minutos

$Tr$  período de retorno o de recurrencia, en años

$Id_{TR}$  intensidades de lluvia máxima para una duración de tormenta de 24 horas con periodo de retorno asociado, en mm/hora

El valor de  $Id$ , para el río estudiado, determinado del gráfico de intensidades máximas diarias

de precipitación para  $T_r$  igual a 100 años, del Estudio de Intensidades antes indicado es:

$$I_{d100} = 10.0 \text{ mm/hora}$$

#### **5.4.13. HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO**

En ocasiones no es suficiente la precipitación máxima en las 24 horas, es necesario conocer la evolución de esa lluvia a lo largo de esas 24 horas. Los métodos hidrológicos modernos requieren no solo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas.

Es indudable que en problemas de drenaje, en la mayoría de los casos las precipitaciones que influyen sobre las crecientes importantes en cuencas hidrográficas son las horarias y solamente para cuencas grandes podrán influir las precipitaciones diarias, como es el presente caso.

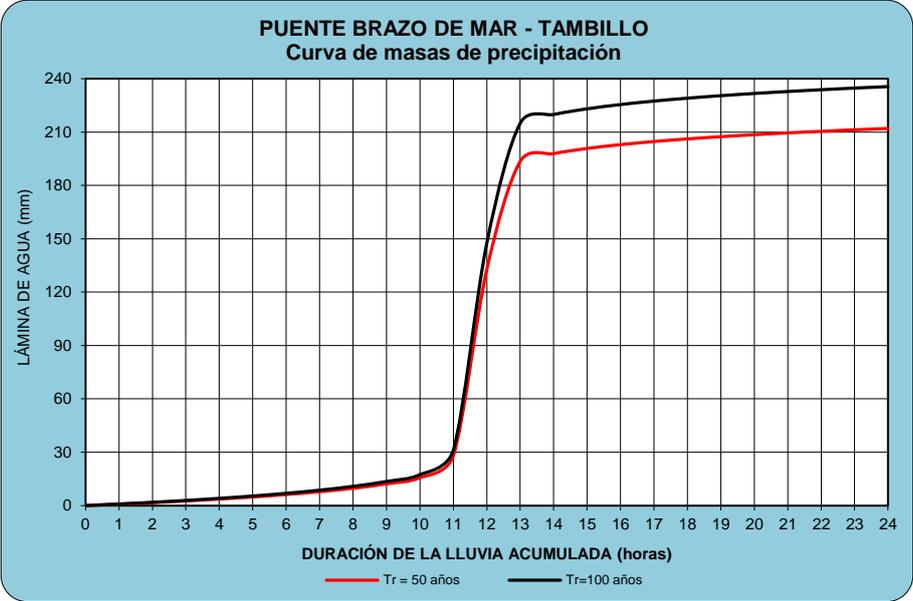
Por lo tanto, para los modelos lluvia – escorrentía es necesario calcular los hietogramas de precipitación (ordenamiento de la precipitación de diseño durante la duración total del aguacero de diseño y el período de retorno que se está analizando) en intervalos de tiempo congruentes con la duración de la lluvia efectiva del hidrograma de escorrentía superficial seleccionado, igual al tiempo de retorno.

El registro de un aguacero da como resultado una curva de masas de precipitación o una curva de lluvias acumuladas o la cantidad de agua que ha caído desde que se inició el aguacero. Mediante los valores acumulados de la curva de masas se puede calcular el hietograma de precipitación

La determinación de la curva de masas y el hietograma de precipitación se basa igualmente en el cálculo de intensidades de lluvia, publicado en las Normas de Diseño de Obras de Drenaje del MTOP. Como se ha mencionado anteriormente, el área del proyecto se ubica en la Zona 1 según la sectorización propuesta en dicho estudio, calculándose los valores de intensidad y

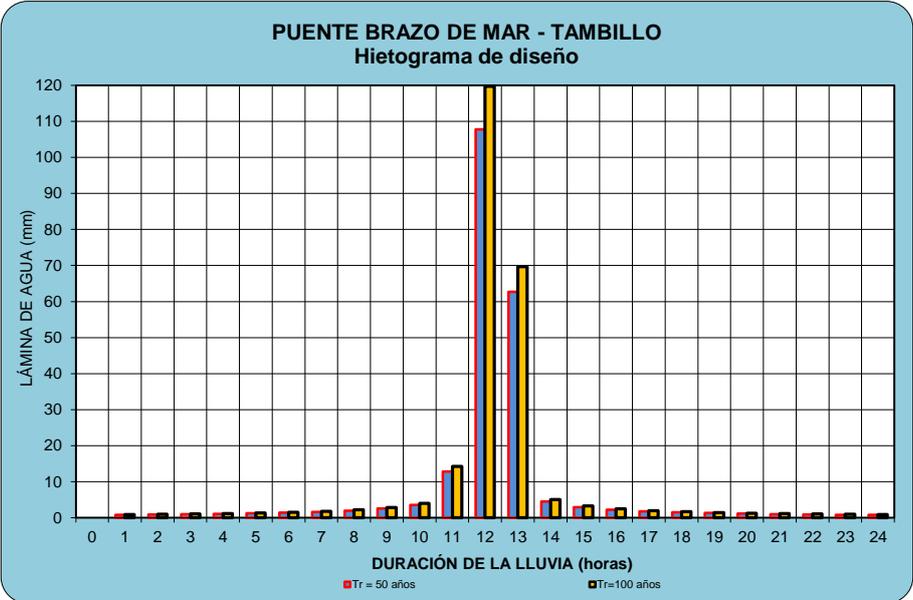
precipitación para cada rango de tiempo considerado, para un período de recurrencia de 50 y 100 años, de acuerdo a la importancia de la obra.

**Ilustración 13:** Curva de masas de precipitación



FUENTE: GEOPLADES Cía. Ltda.

**Ilustración 14:** Hietograma de diseño



FUENTE: GEOPLADES Cía. Ltda.

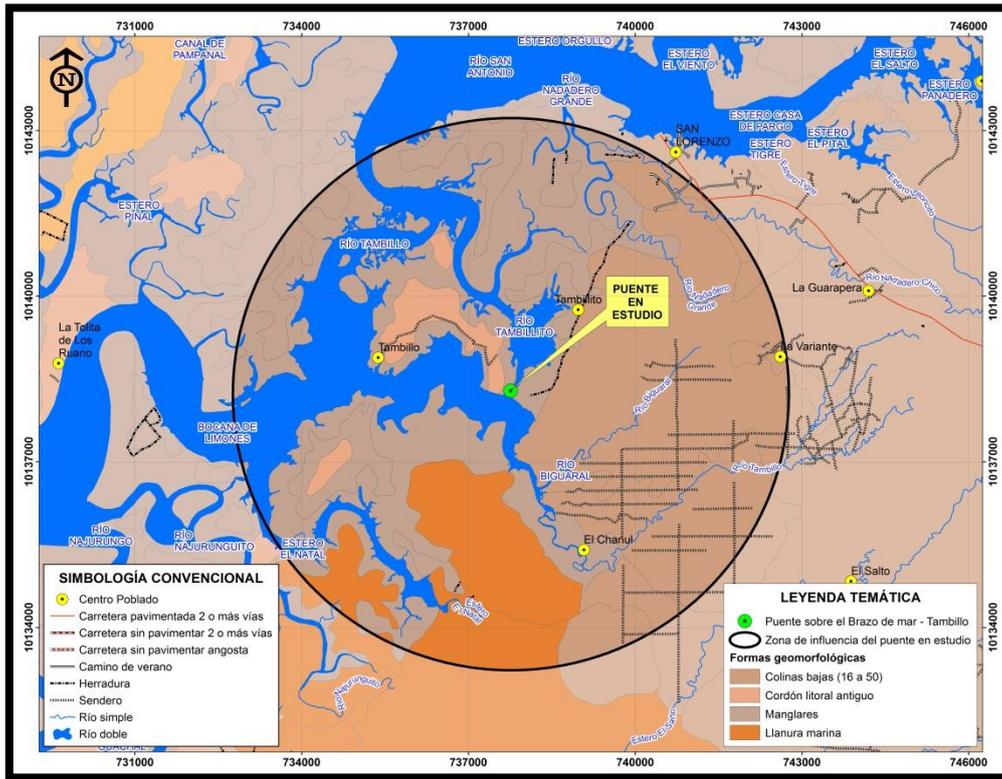
## 5.5. RESULTADOS DEL ESTUDIO AMBIENTAL

### 5.5.1. GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo al estudio geomorfológico que se realizó para la Provincia de Esmeraldas en el año 2010, la zona de influencia directa del puente sobre el río Tambillito, se encuentra constituido en un 49,73% por formas de origen marino y fluvio marino, el 33,72% está conformado por formas de origen tectónico erosivo y el restante 16,55% corresponde a los cuerpos de agua.

- **Formas de origen marino y fluvio marino**, se trata de relieves afines con la dinámica marina, oleajes, marejadas e incluso con los fenómenos océano-atmosféricos como es el caso de la ocurrencia del Fenómeno de El Niño, asociada con la dinámica fluvial que transporta sedimentos desde el continente. A lo largo de la franja litoral existen playas actuales, playas levantadas y cordones litorales, constituidos por depósitos marinos arenosos, salinos, con restos de conchas. Asociadas con estas formas de relieve, generalmente se hallan grandes y pequeñas superficies cubiertas con manglares y áreas salinas, sobre depósitos limo arcillosos, sujetos a inundación.
- **Formas de origen tectónico erosivo**, predominan las colinas bajas aunque también se presentan las colinas medias. Estas formas están relacionadas con procesos tectónicos que levantaron las rocas más antiguas y procesos de erosión hídrica que esculpieron los materiales antiguos. Estas formas se han desarrollado sobre materiales volcánicos y volcano-sedimentarios, como son las diabasas, porfiritas, grauvacas, areniscas cuarcíticas, arcillas silicificadas, areniscas, conglomerados y arcillas.

**Ilustración 15:** Morfología de la zona de influencia directa del puente



FUENTE: GEOPLADES Cía. Ltda.

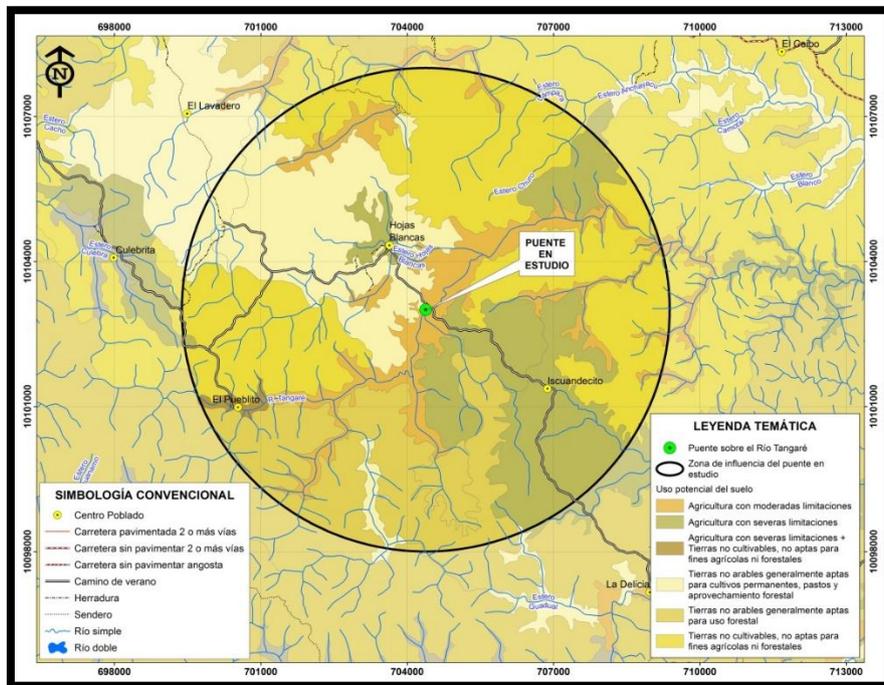
## 5.5.2. CLASES AGROLÓGICAS

Al analizar las características del suelo dentro de la zona de influencia directa del puente sobre el río Tambillito, se puede apreciar que esta zona está conformada por suelos con la siguiente clasificación agrológica:

- **Clase II:** correspondiente a tierras aptas para agricultura con leves limitaciones, estas tierras requieren una gestión cuidadosa, incluidas prácticas de conservación, para evitar el deterioro o para mejorar las relaciones de aire y agua cuando están cultivadas. Las limitaciones son pocas y las prácticas, fáciles de aplicar.

- **Clase III:** correspondiente a tierras aptas para agricultura con moderadas limitaciones, es decir son suelos que se pueden usar para cultivos, pero las prácticas de conservación suelen ser complicadas de aplicar y mantener; pueden ser aptos para cultivos, pastos, bosques, plantas silvestres o para dar cobijo y alimento a la fauna.
- **Clase VIII:** correspondiente a suelos no cultivables, es decir suelos que no son aptos para fines agrícolas ni forestales sino adecuados para conservación. En estos suelos se puede aprovechar la implementación de proyectos de investigación científica o ecoturismo.

**Ilustración 16:** Clases Agrológicas en la zona de influencia directa del puente colgante



FUENTE: GEOPLADES Cía. Ltda.

### 5.5.3. ZONAS ECOLÓGICAS – VEGETACIÓN

La zona de influencia directa del puente sobre el río Tambillito se encuentra dentro del siguiente ecosistema:

- **Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial**, el ecosistema corresponde a bosques siempreverdes, multiestratificados que se encuentran dentro de la penillanura y

llanura de la región biogeográfica Litoral del Ecuador. Su dosel va desde medianamente cerrado a cerrado con árboles que oscilan entre 25 y 30 m de alto. Los árboles emergentes pueden llegar a medir hasta 40 m. Las especies emergentes en el bosque corresponden a *Humiriastrum procerum* y *Virola dixonii*, mientras que en el estrato bajo (sotobosque) se encuentran principalmente especies de las familias *Rubiaceae*, *Melastomataceae* y *Arecaceae*. Para este ecosistema en el dosel se pueden reconocer especies de las familias *Arecaceae*, *Moraceae*, *Fabaceae*, *Meliaceae*, *Myristicaceae* y *Lecythidaceae*. También se puede identificar grandes extensiones de territorio dominadas por especies de palmas de los géneros *Geonoma*, *Manicaria*, *Attalea* y *Phytelephas*, las cuales alternan su dominancia con especies como *Brosimum utile*.

- **Manglar del Chocó Ecuatorial:** Bosques densos con dosel cerrado que alcanza los 20 a 30 m; la vegetación es muy característica de pantano de aguas salobres, con árboles grandes de raíces zancudas, tablares o neumatóforos. Si bien es cierto que los árboles son el componente principal en la mayoría de los manglares, en el manglar del Chocó Ecuatorial también hay plantas de otros hábitos como arbustos, hierbas, epifitas y lianas. Además existen zonas donde se pueden observar palmas en el sotobosque y áreas con una marcada dominancia del helecho *Acrostichum aureum*, acompañado de *Hibiscus tiliaceus* y *Rhabdadenia biflora* (Palacios obs. pers.). Se trata de un sistema abierto, localizado en áreas donde los ríos confluyen hacia el mar, en planicies aluviales con suelos mal drenados (gley húmico), y rangos intermareales hasta de 4 m, puede estar permanentemente inundado o soportar hasta dos inundaciones diarias.
- **Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial:** El ecosistema agrupa comunidades de bosque propias de llanuras aluviales con suelos inundados por crecidas de ríos y de drenaje lento, alto nivel freático, con gran acumulación de turba. A este ecosistema en la provincia de Esmeraldas se lo denomina Guanda. Son bosques con influencia de agua dulce, crecen en la ribera de ríos y zonas planas con un ligero declive, muy pocos convergen a la zona de manglar.

## 5.5.4. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS DEL ÁREA DEL PROYECTO

### 5.5.4.1. COBERTURA VEGETAL Y USO ACTUAL DEL SUELO

Se puede definir como cobertura vegetal a la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales, que van desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas, que son el resultado de la acción humana como el caso de las áreas de cultivos.

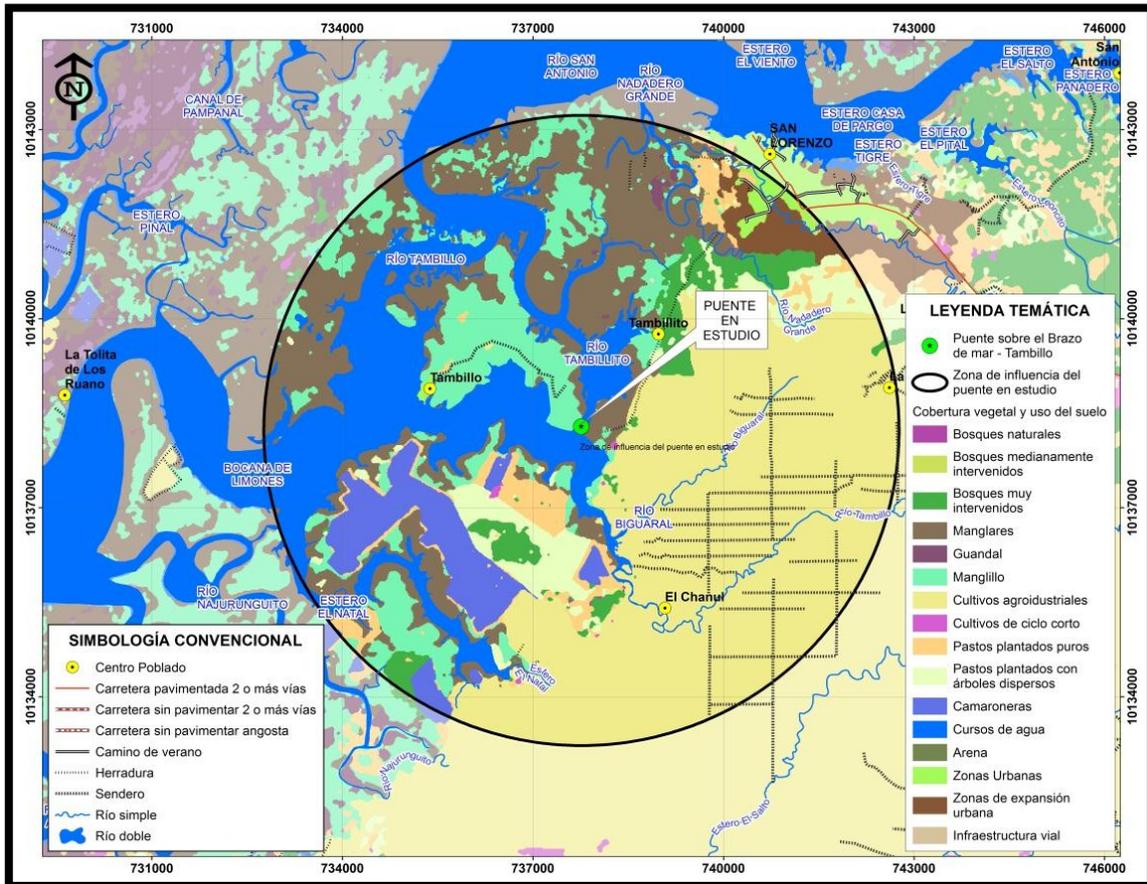
Mediante el análisis del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de la Provincia de Esmeraldas, elaborado en el año 2010, a escala 1:50.000, dentro de la zona de influencia directa del puente sobre el río Tambillito se han identificado los siguientes tipos de cobertura vegetal:

**Tabla 47:** Cobertura vegetal y uso de suelo en la zona de influencia directa del puente

Categoría de uso	Área (ha)	Porcentaje
Bosques naturales	1,48	0,02%
Bosques medianamente intervenidos	0,29	0,00%
Bosques muy intervenidos	266,36	3,39%
Manglares	1.656,71	21,09%
Guandal	16,67	0,21%
Manglillo	885,40	11,27%
Cultivos agroindustriales	2.811,84	35,80%
Cultivos de ciclo corto	5,22	0,07%
Pastos plantados puros	273,37	3,48%
Pastos plantados con árboles dispersos	319,94	4,07%
Camaroneras	362,66	4,62%
Cursos de agua	1.076,30	13,70%
Arena	7,20	0,09%
Zonas Urbanas	55,67	0,71%
Zonas de expansión urbana	114,46	1,46%
Infraestructura vial	0,20	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>7.853,77</b>	<b>100,00%</b>

FUENTE: GEOPLADES Cía. Ltda.

**Ilustración 17:** Cobertura vegetal y uso del suelo



FUENTE: GEOPLADES Cía. Ltda.

A continuación, se describen las principales categorías de cobertura vegetal y uso del suelo, identificadas en la zona de influencia directa del puente sobre el río Tambillito.

- **Bosques muy intervenidos**

Corresponde a aquellas áreas donde el bosque presenta entre 70 y 90% de intervención humana. Se observan más claros y a menudo de mayor tamaño que en la sub-categoría anterior. En esos claros las especies *heliófitas efímeras* y *heliófitas durables* predominan. Una especie común por debajo de los 800 m.s.n.m es el chillalde, *Trichospermum galeottii*; pero además se encuentran todas las especies típicas de los géneros *Ochroma*, *Trema* y *Cecropia*

**Ilustración 18:** Bosque muy intervenido en la zona de estudio



- **Manglares y guandales**

En las zonas más bajas, < 3 msnm, se encuentran varias formaciones vegetales únicas, llamadas genéricamente manglares, aunque incluyen al menos tres formas de cobertura arbórea: manglares, guandales y sajales. Los primeros incluyen vegetación arbórea o raramente arbustiva, cuyos componentes principales son árboles de raíces zancudas que crecen en áreas afectadas por aguas marinas. Las especies más características son los mangles *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa* y otras como el nato *Mora megistosperma*. Por su parte los guandales se ubican sobre áreas intermedias entre tierra firme y las afectadas por el mar. Entre las especies típicas están sapotolongo *Pachira aquatica*, palmiche *Euterpe oleracea*, chalviande *Virola dixonii*, pacora *Cespedezia spathulata*, cedro *Cedrela odora*, roble *Terminalia amazonia*, tangare *Carapa guianensis* y guadua *Guadua angustifolia*.

**Ilustración 19:** Guandal en la zona de estudio



- **Arbustales de zonas costeras (Manglillo)**

Se ubican entre las zonas de manglar, en micro sitios ligeramente arriba donde crecen los mangles altos (llamados manglares). La inundación por aguas marinas no es permanente sino asociada más bien a los agujajes. La vegetación incluye manchas de mangles enanos conocidos localmente como manglillo. La composición florística del manglillo es similar a los manglares, pero con pocos metros de altura.

**Ilustración 20:** Manglillo en la zona de estudio



- **Cultivos agroindustriales**

Corresponden a áreas dominadas por especies arbustivas o arbóreas destinadas a la producción agrícola, que duran varios y hasta decenas de años. Bajo esta categoría, se incluyen los cultivos de cacao, banano, coco, palmito y palma africana, principalmente. En la actualidad se observa gran nivel de intervención y un proceso de deforestación acelerado para el avance de la frontera agropecuaria. Los pastizales y monocultivos de *Elaeis guineensis* (palma africana) fragmentan el bosque original y se vuelven dominantes en el paisaje. En la siguiente fotografía se puede apreciar el cultivo de palma africana en una finca cercana a la zona de estudio.

**Ilustración 21:** Cultivo de palma africana en la zona de estudio



### **5.5.5. DESCRIPCIÓN FLORÍSTICA**

La zona de influencia directa del puente en estudio se encuentra dentro de un solo ecosistema, a continuación, se describe las especies diagnosticadas:

- **Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial**

**Especies diagnósticas:** *Apeibamembranacea*, *Asterogyne martiana*, *Attalea colenda*, *Banara riparia*, *Brosimum utile* subsp. *occidentale*, *Brownea multijuga*, *Carapa nicaraguensis*, *C. alticola*, *C. longipetala*, *Caryodaphnopsis theobromifolia*, *Chrysochlamys dependens*, *Compsonera awaensis*, *C. mutisii*, *Eriotheca squamigera*, *Eschweilera awaensis*, *E. caudiculata*, *E. pachyderma*, *Exarata chocoensis*, *Grias angustipetala*, *G. peruviana*, *Guarea polymera*, *Heisteria acuminata*, *Hieronyma oblonga*, *Huberodendron patinoi*, *Humiriastrum procerum*, *Iriartea deltoidea*, *Lecythis ampla*, *Manicaria saccifera*, *Matisia castano*, *Minuartia guianensis*, *Nectandra guaripó*, *Otoba novogranatensis*, *Pachira patinoi*, *Perebea xanthochyma*, *Pholidostachys dactyloides*, *Protium ecuadorensis*, *Pseudolmedia rigida* subsp. *eggersii*, *Sorocea pubivena*, *S. jaramilloi*, *Socratea exorrhiza*, *Symphonia globulifera*, *Tabernaemontana amygdalifolia*, *Viola dixonii*, *Wettinia quinaria*.

- **Manglar del Chocó Ecuatorial**

**Especies diagnósticas:** *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Mora megistosperma*, *Pelliciera rhizophorae*, *Rhizophora x harrisonii*, *R. mangle*, *R. racemosa*, *Hibiscus tiliaceus*, *Salicornia fruticosa*. *Acrostichum aureum*, *Platystele cornejoi*, *habdadenia biflora*.

- **Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial**

**Especies diagnósticas:** *Andira inermis*, *Apeiba membranacea*, *Brownea coccinea*, *Casearia sylvestris*, *Cordia panamensis*, *Cornutia microcalycina*, *Erythrina fusca*, *Euterpe oleracea*, *Ficus cuatrecasana*, *F. jacobii*, *Pterocarpus officinalis*, *Prestoea decurrens*, *Psychotria gentryi*, *Symphonia globulifera*, *Swartzia amplifolia*, *Trichilia martiana*, *Triplaris americana*, *Viola sebifera*, *V. dixonii*, *Chrysobalanus icaco*.

**Ilustración 22:** *Avicennia germinans*, especie encontrada en la zona de estudio



#### **5.5.6. DESCRIPCIÓN ZOOLOGICA**

La zona de estudio, goza de una amplia gama de especies de fauna terrestre y acuática, entre las más representativas tenemos:

- **Aves:** la pava de monte (*Penelope ortonii*), la guacharaca colorada (*Ortalis erythroptera*), la chilacoa café (*Aramides wolffi*), la atila ocrácea (*Attila torridus*) y el mielero pechirrojo (*Dacnis berlepschi*).
- **Moluscos:** la concha macho (*Anadara crassum*), la concha hembra (*Anadara tuberculosa*), el ostión y el piacuil.
- **Crustáceos:** el tasquero, el cangrejo azul (*Callinectes sapidus*), el cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*) y el camarón

**Ilustración 23:** *Coragyps atratus*, especie encontrada en la zona de estudio



- **Reptiles:** el caimán costeño (*Crocodylus acutus*)
- **Mamíferos:** la zarigüeya lanuda (*Caluromys derbianus*), la cuica de agua (*Chironectes minimus*), el perro de monte (*Speothos venaticus*), la nutria de río (*Lontra longicaudis*), el armadillo de cola desnuda (*Cabassous centralis*), el jaguar (*Panthera onca*) y el delfin mular (*Tursiops truncatus*)

### 5.5.7. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES

PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES			
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	POSITIVO / NEGATIVO	ETAPA DEL PROYECTO
<b>FASE DE CONSTRUCCIÓN</b>			
<u>Generación de desechos sólidos</u> <u>Generación de derrames de material pétreo</u>	<u>Contaminación del suelo y agua</u>	Negativo	Ejecución de la obra
<u>Derrames de químicos, combustibles aceites y grasas</u>	<u>Contaminación del suelo y agua</u>	Negativo	

Desarrollo de las actividades constructivas del proyecto por parte de obreros y personal técnico	Ocurrencia de accidentes laborales	Negativo	
Generación de desechos líquidos	Contaminación del agua	Negativo	
Emisión de polvo y gases de combustión, por la operación de maquinaria pesada	Alteración de la calidad del aire Molestia en los moradores del sector	Negativo	Desbroce, limpieza y evacuación de escombros
Emisión de altos niveles de presión sonora por la operación de maquinaria	Alteración de la calidad del aire Molestia en los moradores del sector	Negativo	
Generación de escombros Compactación del suelo	Alteración de la calidad del suelo actual Alteración de las características actuales del suelo	Negativo	
Incremento de la concentración de sólidos en los cuerpos de agua, producto del movimiento de tierras	Alteración de la calidad del agua	Negativo	
Presencia de trabajadores y técnicos	Incremento de la actividad productiva en comercios del sector	Positivo	
Desarrollo de las actividades constructivas del proyecto por parte de obreros y personal técnico	Ocurrencia de accidentes laborales, emergencias	Negativo	
Cierre de vías de acceso	Malestar en la comunidad	Negativo	
Desarrollo de las actividades constructivas del proyecto por parte de obreros y personal técnico	Ocurrencia de accidentes laborales	Negativo	

Presencia de personal ajenas al proyecto	Ocurrencia de accidentes	Negativo	
Contacto de aguas lluvias con material de construcción incrementará la concentración de sólidos	Alteración en la calidad del agua	Negativo	Cimentación y excavaciones
Emisiones de polvo debido a materiales de construcción y presencia de maquinaria	Alteración de la calidad del aire Molestia en los moradores del sector	Negativo	
Emisión de altos niveles de presión sonora por la operación de maquinaria	Alteración de la calidad del aire	Negativo	
Presencia de trabajadores y técnicos	Aumento de la actividad productiva en comercios del sector	Positivo	
Presencia de personas ajenas al proyecto	Ocurrencia de accidentes	Negativo	
Desarrollo de las actividades constructivas del proyecto por parte de obreros y personal técnico	Ocurrencia de accidentes laborales	Negativo	
Derrames de grasas, aceites, combustibles por mantenimientos no autorizados de la maquinaria	Contaminación del suelo	Negativo	
Emisiones de polvo y gases de combustión por los vehículos, uso de materiales, etc.	Alteración de la calidad del aire	Negativo	Obtención de materiales (explotación de minas y canteras)
Emisión de altos niveles de presión sonora por la presencia de vehículos pesados	Alteración de la calidad del aire Molestia en los moradores del sector	Negativo	

Obtención de materiales	Extracción de materiales en condiciones anti técnicas	Negativo	
Desarrollo de las actividades constructivas del proyecto por parte de obreros y personal técnico	Ocurrencia de accidentes laborales	Negativo	
Presencia de trabajadores y técnicos	Aumento de la actividad productiva en comercios del sector	Positivo	
Emisiones de polvo debido a materiales de construcción y presencia de maquinaria	Alteración de la calidad del aire	Negativo	
Emisión de altos niveles de presión sonora por la operación de maquinaria	Alteración de la calidad del aire	Negativo	Colocación de hormigón y montaje de la estructura
Desarrollo de las actividades constructivas del proyecto por parte de obreros y personal técnico	Ocurrencia de accidentes laborales	Negativo	metálica del puente
Derrames de grasas, aceites, combustibles por mantenimientos no autorizados de la maquinaria	Contaminación del suelo	Negativo	
<b>FASE DE OPERACIÓN</b>			
Facilidades de movilización	Bienestar de la comunidad	Positivo	Operación y mantenimiento

## CAPITULO VI

### 6. DISCUSIÓN

Con la ayuda de la topografía realizada se estableció el sitio más óptimo de cruce vehicular donde se ejecutará el proyecto considerando como mejor alternativa la construcción de un puente colgante habida cuenta que la luz a salvar es de 105 metros, además de la configuración del terreno y el cauce del río Tambillito; quedando descartadas otras alternativas que se detallan a continuación y que podrían considerarse para el diseño definitivo del puente.

La construcción de un puente atirantado sería una buena alternativa debido a que es apto para la luz a salvar. Según Campos, (2013) indica que para la construcción de puentes atirantados hay que tomar en cuenta las distancias adicionales requeridas para la colocación de los contrapesos y anclajes que en este caso en particular no se acondicionan al trazado vial; ya que se presenta una curva a 45 metros del acceso izquierdo que se consideraría una distancia corta lo cual impide la colocación de los mismos, motivo por el que se descarta dicha alternativa para la realización del diseño del puente.

Según Narenda, (2005) indica que los puentes sobre vigas son aquellos cuyo tablero y vigas se asientan sobre pilas cimentadas en la parte central del río, en el caso de este proyecto no se podría realizar esta opción debido a que en el sitio se presenta maleza y troncos de árboles que son arrastrados por el cauce del río proporcionándole cargas laterales adicionales al puente, que obstruyen a las pilas además de debilitar su estructura y comportamiento por lo cual descartamos también esta alternativa para el diseño.

Un puente en arco de acero podría haber sido factible en este sitio debido a que cumple con la distancia a salvar, considerando también que para su construcción no se necesitan longitudes adicionales para ningún tipo de anclaje o sobrepeso, pero quedaría descartado en razón de que según Oregón, (2013) indica que este tipo de puentes se construyen en terrenos montañosos o en quebradas profundas debido a que se necesita una altura determinada para la construcción del arco que es el que va a soportar su peso propio y las cargas transmitidas del puente. En este

caso el proyecto se encuentra en un terreno llano y no se adapta a los requerimientos antes mencionados.

Finalmente después de haber realizado el análisis de las alternativas de cruce vehicular sobre el río Tambillito se ratifica como opción más adecuada realizar el diseño de un puente colgante considerando que tenemos un terreno llano, debido a que este tipo de estructura puede ser usada en luces como la planteada en este proyecto la misma que es de 105 metros, sin la utilización de pilas centrales que soporten las cargas del puente; ya que en este caso van a estar soportadas por la catenaria que a su vez esta las transmitirá a los anclajes. Otro aspecto por el cual se eligió esta alternativa fue que en los accesos si se cuenta con la distancia requerida para la colocación de los anclajes que van a soportar la catenaria del puente, en este caso 30 metros a cada lado y posteriormente tendremos una longitud en estudio de 165 metros incluyendo las distancias de los anclajes de ambos lados.

## **CAPITULO VII**

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1. CONCLUSIONES**

- De los datos obtenidos mediante la recopilación directa de la información en el sitio de estudio del proyecto, permiten establecer objetivamente la necesidad de la ejecución del mismo en virtud de que son diversas las actividades económicas; en comercio, turismo, transporte y movilidad; y en situaciones urgentes fundamentales hechos en los que se encuentran inmersos los moradores y visitantes del sector.
  
- Con el levantamiento topográfico se han obtenido 499 puntos habiéndose generado un modelo digital en tres dimensiones con un área de 17.529 hectáreas como resultado del proceso de campo y gabinete; con un promedio de 28 puntos por hectárea levantada y el incremento del número de hectáreas al planteado inicialmente, en virtud de las particularidades de la topografía. En campo se han colocado cuatro puntos de precisión GPS como referencia y posterior replanteo. Ubicando en campo un grupo de referencias materializadas en el terreno por medio de mojones de hormigón.
  
- La recopilación de la información en el campo de trabajo en base al estudio de tráfico, permiten determinar mediante la investigación la cantidad de personas que poseen vehículos y la tasa de motorización posibilitando la generación de un TPDA, valor indispensable para categorizar la clase de vía y poder ajustar el diseño geométrico según las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12. El TPDA; al finalizar el estudio del proyecto la tasa de motorización es de 40 vehículos/día. En base al TPDA calculado y según la NEVI-12, la vía pertenece a la clasificación funcional de V orden. Las características de diseño geométrico se utilizarán según las indicadas en las Normas de Diseño Geométrico del Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

- Producto del estudio de suelo se generó que el nivel de cimentación Df se deberá colocar en la cota 3.20msnm para el estribo de la abscisa 0+285.20; es decir una vez replanteado se manejará la cota 9.00 msnm para la rasante del puente, el ajuste que determine el estudio estructural de dimensiones y en función del análisis geométrico de acercamiento de la vía y el nivel recomendado por el estudio hidrológico de la cuenca. La cota de desplante del pilote será -11.76 msnm. El nivel de cimentación Df se deberá colocar en la cota 3.20msnm, para el estribo de la abscisa 0+391.20 es decir una vez replanteado se manejará la cota 9.00 msnm para la rasante del puente, el ajuste que determine el estudio estructural de dimensiones y en función del análisis geométrico de acercamiento de la vía y el nivel recomendado por el estudio hidrológico de la cuenca. La cota de desplante del pilote será -11.76 msnm. Los empujes de tierra considerados para los macizos de anclaje, en caso de existir rellenos se deberán usar suelos aluviales con la inclusión del 20% de finos, para la confinación de elementos pudiendo ser material sub base clase III que brinda valores de  $\Phi=8^\circ$  y  $\Sigma$  de 0.20 T/m<sup>3</sup> .

- Conforme al estudio hidrológico al no existir registro de mareas, se ha tomado como muestra la información existente de Puerto López, que se puede considerar como referencial para la estimación de los niveles de diseño en el sitio del puente sobre el río Tambillito. La información disponible de Puerto López es la siguiente:

Altura promedio: 2.35 m

Altura máxima: 2.89 m

Altura mínima: 1.74 m

- Dentro del mismo estudio en virtud de que no se dispone de estadística de niveles de mareas en el área de estudio y tomando como referencia la información de Puerto López, se ha estimado conveniente utilizar los registros de las huellas tanto de máxima o mínima existentes en el terreno mismas que fueron corroboradas por los habitantes del sector. En base a estas consideraciones se tiene los siguientes niveles:

Nivel máximo de crecida:  $N_{100} = 7.50$  msnm

Nivel marea baja:  $N_{\min} = 4.60$  msnm

Cota fondo del río:  $CFR = 2.60$  msnm

- En cuanto al gálibo producto del estudio hidrológico que se define como el espacio libre entre el nivel máximo de crecida y el nivel inferior del tablero del puente proyectado. El objetivo del gálibo es dejar pasar las fluctuaciones del flujo cuando la corriente interactúa con la estructura proyectada producto de la sobrelevación del flujo, por efectos de remanso, transporte de materiales flotantes como ramas, palizadas, troncos e incluso árboles. Es muy común que en los ríos de nuestro país haya abundante transporte de sólidos debido al carácter torrencioso de los mismos, con manifiesta erosión de los suelos en las partes altas de las cuencas.
- Luego de realizar el diseño del puente sobre el río Tambillito se establece que la geometría y ubicación de los estribos del puente satisfacen todos los requisitos de resistencia y serviciabilidad. Las zapatas de los estribos no se ven afectadas por la socavación del cauce durante momentos de marea alta o aguaje, sin embargo se han provisto pilotes para protección de la estabilidad lateral del estribo; más aún el diseño de la superestructura (vigas metálicas + tablero de madera) cumple satisfactoriamente con todos los requisitos de resistencia y serviciabilidad para soportar todas las cargas superpuestas durante la vida útil del puente. La altura del alma se ha optimizado para usar la menor cantidad de material posible. Los cables del puente están diseñados para soportar todas las cargas y garantizar el correcto funcionamiento de la estructura; los ajustes en campo deberán ser realizados en la longitud de las péndolas para lograr la contra flecha propuesta.
- De acuerdo al estudio ambiental que se realizó para la Provincia de Esmeraldas en el año 2010, la zona de influencia directa del puente sobre el río Tambillito, se encuentra constituido en un 49,73% por formas de origen marino y fluvio marino, el 33,72% está conformado por formas de origen tectónico erosivo y el restante 16,55% corresponde a los cuerpos de agua. La zona antes mencionada se encuentra dentro del siguiente ecosistema: Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial, Manglar del Chocó Ecuatorial

y Bosque inundado de llanura aluvial del Chocó Ecuatorial. Se puede definir como cobertura vegetal a la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales, que van desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas, que son el resultado de la acción humana como el caso de las áreas de cultivos. La zona de estudio, goza de una amplia gama de especies de fauna terrestre y acuática, entre las más representativas tenemos: Aves, Moluscos, Crustáceos, Reptiles, Mamíferos.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

- Una vez establecida la factibilidad de la ejecución del proyecto procede la construcción del puente habida cuenta que las necesidades por satisfacer en aspectos tales como: comercio, turismo, transporte y movilidad de los moradores y visitantes son evidentes.
- Con los resultados del levantamiento topográfico del terreno en donde se va a ejecutar el proyecto es procedente construir un puente colgante en virtud de que mediante la topografía se conoce las condiciones actuales del terreno asignado para el proyecto.
- De conformidad con la tasa de motorización que proporciona el estudio de tráfico la misma que es de 40 vehículos/día se posibilita la importancia de la construcción del puente sobre el río Tambillito así como también las características de amplitud del mismo; para facilitar el flujo de actividades económicas, turísticas y movilidad que se realizan en el sector.
- De acuerdo al estudio de suelo procede la utilización de una cimentación sobre pilotes con estribo, con el objeto de brindar una mejor distribución de la carga de la estructura al suelo habida cuenta que este presenta una capacidad portante baja, pero al ser establecido en un lecho de la rivera del mar se debe considerar el área que implica el proyecto y su concepción estructural; además deberá considerar un peralte suficiente

que permita resistir la flexión y el corte (producidos por las cargas transmitidas) hincados en el suelo para que se realice la fundición acorde a los planos del proyecto.

- En base al estudio hidrológico en la etapa de diseño es factible el gálibo mínimo de 2.0 m, valor establecido por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas – MTOP, para este tipo de obras. Tomando en cuenta el rango de seguridad de 2.0 m, se establece que el nivel mínimo del elemento estructural más cercano al espejo de agua para un período de retorno de 100 años es: Nivel mínimo puente:  $N = 9.50$  msnm. Para el dimensionamiento la luz mínima recomendable por razones topográficas y estructurales se ha adoptado:  $LUZ = 105.00$  m.
- En función del estudio estructural durante la construcción del puente procede llevar un estricto control de calidad de los materiales para que se garanticen las condiciones de diseño. Las vigas metálicas deben ser fabricadas en taller y transportar las dovelas al sitio para su ensamblaje final debido a que es muy complicado alcanzar la precisión de corte requerida y una buena calidad de soldadura de los distintos elementos.
- En relación al estudio ambiental se deben aplicar todas las precauciones necesarias debido a que existe una gran diversidad de especies en flora, fauna natural y las coberturas vegetales inducidas, que son el resultado de la acción humana como el caso de las áreas de cultivos; habida cuenta que hay que minimizar los impactos ambientales que producirá el proyecto en su entorno.

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS**

**PROGRAMA DE ADECUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TEMPORAL**

**OBJETIVOS:** Controlar el manejo ambiental de las bodegas provisionales implementadas por la contratista para el almacenamiento temporal de materiales y suministros a ser empleados en la obra

**PPM-01**

**LUGAR DE APLICACIÓN:** En todos los frentes de trabajo

**RESPONSABLE:** Los responsables directos del cumplimiento de este plan son la contratista, y fiscalización

<b><u>ASPECTO AMBIENTAL</u></b>	<b><u>IMPACTO IDENTIFICADO</u></b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
Generación de desechos líquidos	Contaminación potencial del suelo y agua por inadecuado manejo de desechos	<u>El Manejo de residuos líquidos domésticos durante la etapa de construcción, se realizará mediante el uso de Letrinas móviles, mismas que serán alquiladas.</u>	No. de Letrinas móviles implementados / No. de Letrinas móviles requeridos	Registros Fotografías  Supervisiones	Continua
Contaminación potencial del suelo por derrames de materiales / suministros	Contaminación de suelo	Alquilar las bodegas para almacenar materiales y suministros, cumpliendo con las siguientes especificaciones: áreas restringidas al personal no autorizado, piso impermeable (geomembrana, geotextil), dentro de cubetos para contención de derrames con capacidad del 110% del volumen del contenedor de mayor tamaño (en el caso de almacenar líquidos), debidamente señalizada.	No. de áreas acondicionadas / No. de áreas totales de almacenamiento	Fotografías de las medidas tomadas  Supervisiones	Continua
Contaminación potencial del suelo por derrames de materiales / suministros.	Contaminación de suelo	Se deberá tener un estricto control de los tanques que contienen materiales y suministros (pintura, combustible, aceite, etc.) , los mismos que deben estar en buenas condiciones físicas sin abolladuras ni fugas a fin de evitar derrames, deberá contar con la respectiva señalización y delimitación del área destinada para el almacenamiento, estarán protegidas contra la lluvia y el viento.	% de cumplimiento	Registro Fotografías  Supervisiones	Continua

## **CAPITULO VIII**

### **8. PROPUESTA**

#### **8.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA**

Diseño estructural del puente colgante vehicular de 105 metros de luz sobre el río Tambillito en la parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas.

#### **8.2. INTRODUCCIÓN**

Tomando en consideración que para la construcción de un puente se requiere el análisis previo de aspectos tales como: topografía, trazado vial, cauce del río, entre otros como consecuencia de los estudios realizados se determinó que la mejor alternativa es la construcción de un puente colgante; esto se hace factible en la parroquia Tambillo Cantón San Lorenzo lugar en donde se ejecutara el proyecto el mismo que cumple con los requerimientos técnicos exigidos.

Con el propósito de describir la propuesta de diseño estructural del proyecto del puente colgante sobre el río Tambillito localizado en las coordenadas latitud 737649.92, longitud 138303.77 y altitud 6.36 msnm; en este capítulo se describe sistemáticamente el diseño del puente ya mencionado utilizando con este propósito el programa CSi BRIDGE 2016 el mismo que constituye una herramienta informática para modelar, analizar y diseñar la estructura de un puente en condiciones de eficiencia, eficacia y calidad en la obtención de resultados.

### 8.3. OBJETIVOS

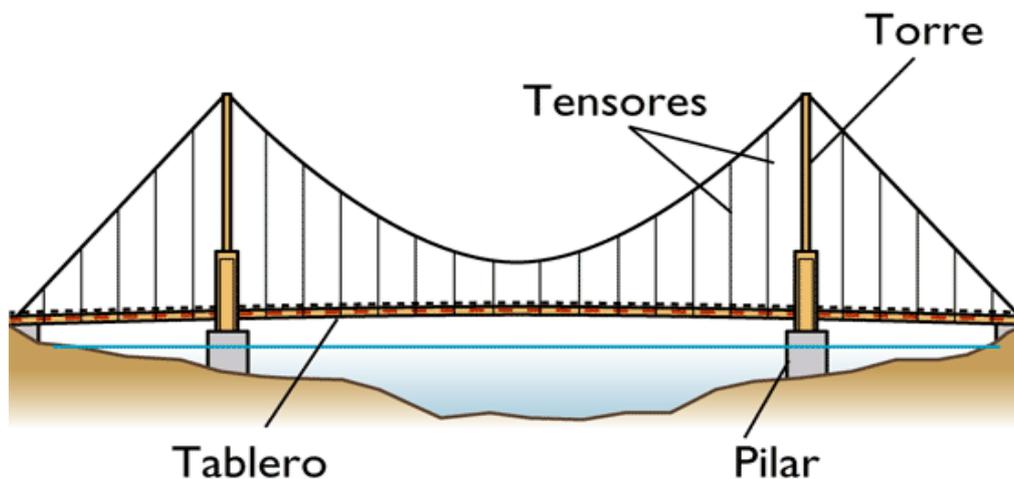
#### 8.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño estructural del puente colgante vehicular de 105 metros de luz sobre el río Tambillito utilizando el programa CSi BRIDGE 2016 en base a las normas AASHTO LRFD 2014 a fin de optimizar las secciones de los elementos del puente.

#### 8.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los resultados obtenidos de cada uno de los elementos para su posterior optimización.
- Realizar la modelación del puente colgante conociendo de esta manera su comportamiento al momento de aplicar las diferentes cargas.

### 8.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

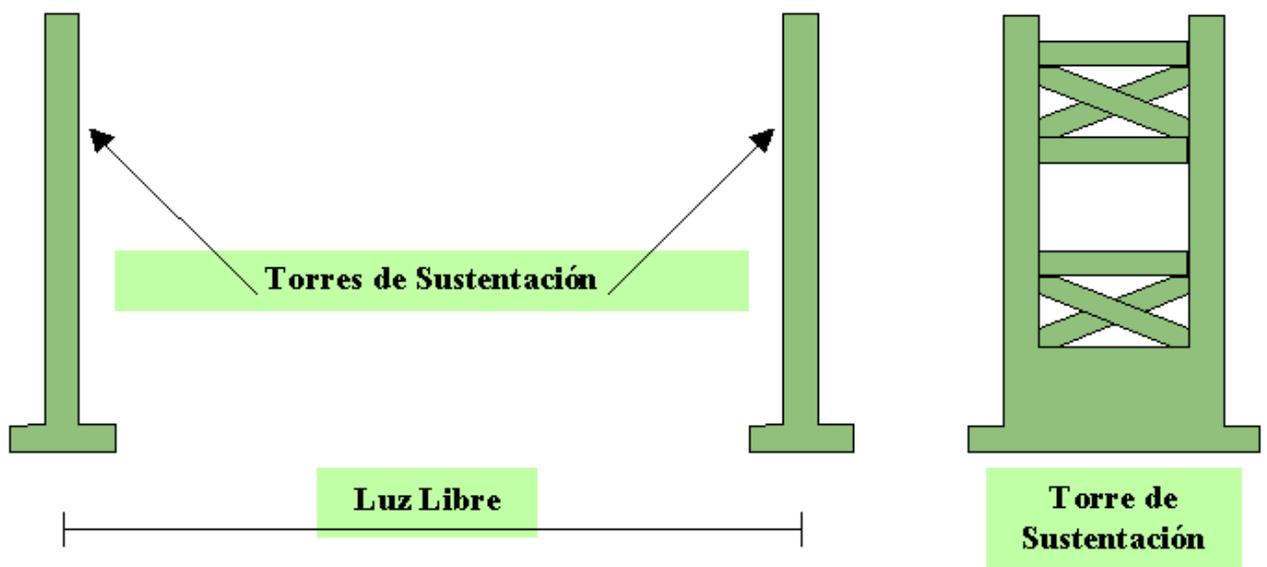


## Principios básicos de los puentes colgantes:

Uno de los problemas que encontramos en la ingeniería está relacionado con la implementación de los principios, tanto en el diseño como en la construcción, tomando en consideración que los principios de funcionamiento de un puente colgante son relativamente simples sin embargo se requiere aplicar la atención debida.

La utilización de cables como los elementos estructurales más importantes de un puente; en principio tiene como finalidad aprovechar la gran capacidad resistente del acero cuando está sometido a tracción.

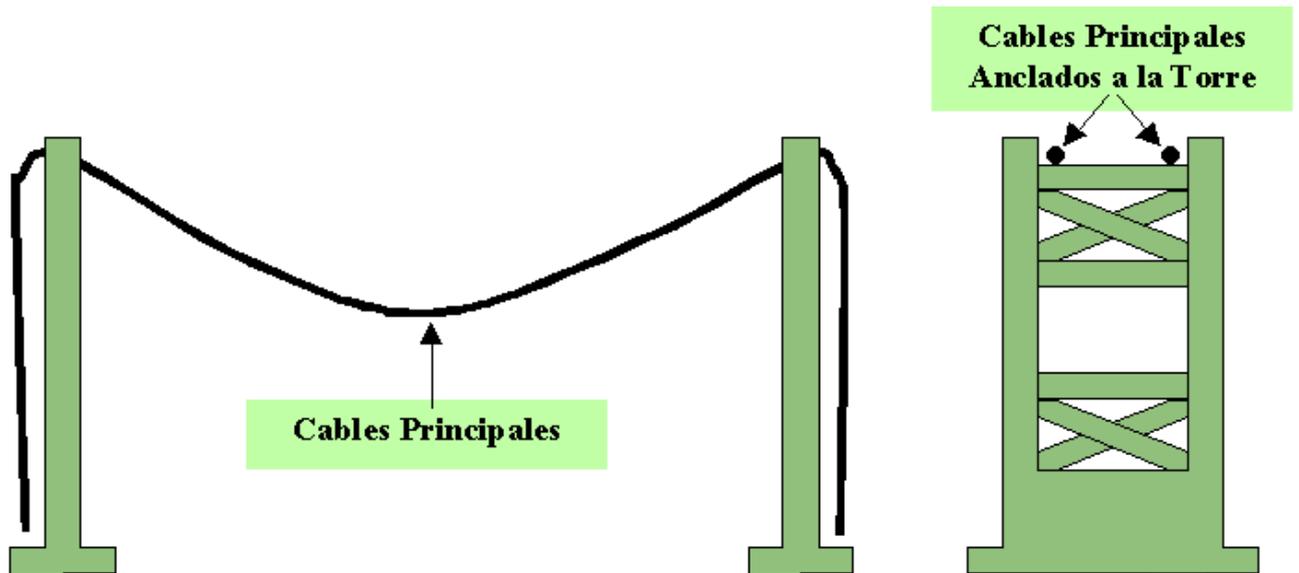
En lo fundamental el soporte físico de un puente colgante está provisto por dos torres de sustentación separadas entre sí; para simplificar las explicaciones y crear un paralelismo con la secuencia de los procesos constructivos se toma en consideración la geometría más sencilla de puente colgante.



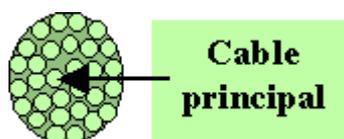
Generalmente las torres de sustentación presentan como característica típica una rigidez importante en la dirección transversal del puente y muy poca rigidez en la dirección longitudinal aunque pueden tener una gran diversidad de geometrías y materiales de construcción (la cimentación de las torres de sustentación generalmente es construida en hormigón armado por su permanente contacto con el agua y la tierra, aunque la

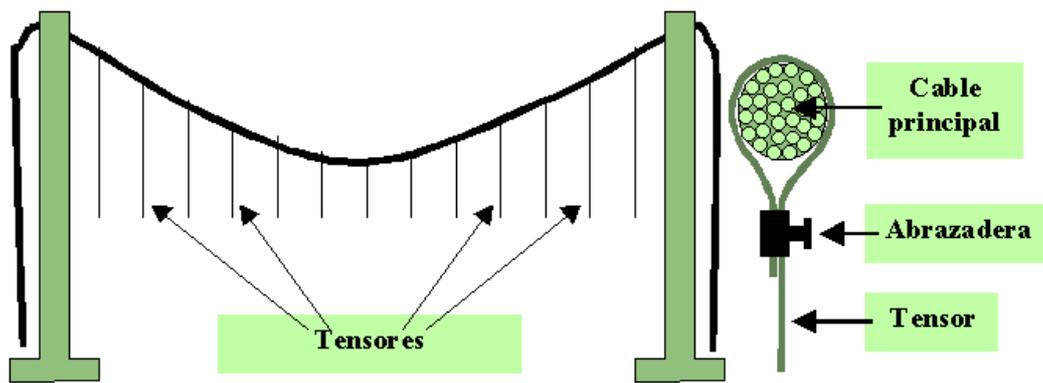
superestructura puede ser de acero, hormigón armado e inclusive de madera), factor que se constituirá en un elemento importante para la estructuración de todo puente colgante.

Los cables principales estarán apoyados y anclados en la parte alta de las torres de sustentación, y ubicados de una manera simétrica con relación al eje de la vía; en tanto que péndolas de la estructura se suspenden del cable principal ubicándose generalmente a cada lado de la torre.



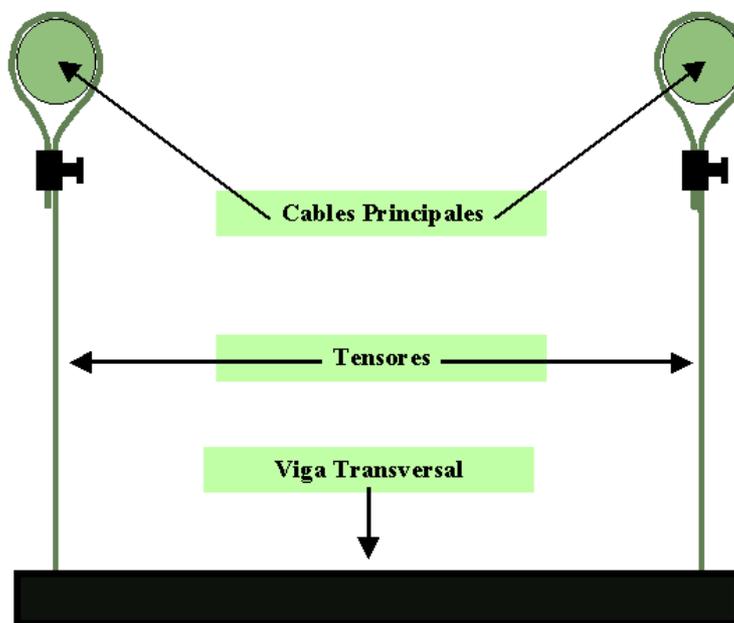
Debido a que los cables principales soportan casi la totalidad de las cargas que actúan sobre el puente es recomendable utilizar acero de alta resistencia, (esfuerzos de rotura superiores a los 15000 Kg/cm<sup>2</sup>); esta circunstancia implica que se debe tener mucho cuidado con los eventuales procesos de soldadura que podrían disminuir la resistencia de dichos cables. A objeto de lograr que los cables cumplan con la flexibilidad apropiada para trabajar exclusivamente a tracción, los cables de gran diámetro están constituidos por un sinnúmero de cables de diámetro menor.



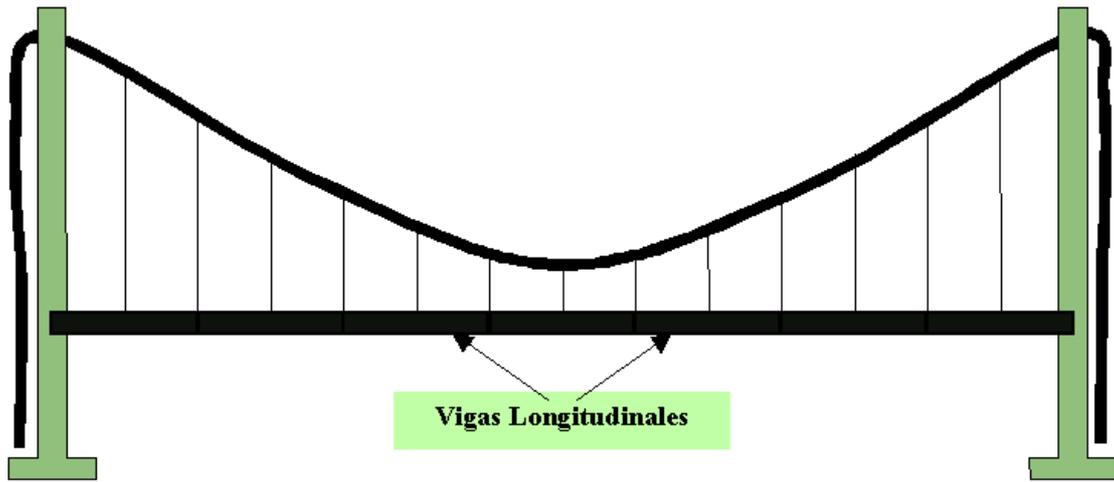


Se recomienda que la separación entre tensores sea usualmente pequeña, tomando en consideración valores comprendidos entre 3 y 8 metros.

De acuerdo al gráfico expuesto de la parte inferior de los tensores sostenidos en cables principales de eje opuesto, se suspenden elementos transversales (vigas prefabricadas de acero, de hormigón e inclusive de madera para puentes secundarios) que cruzan la vía a lo ancho.



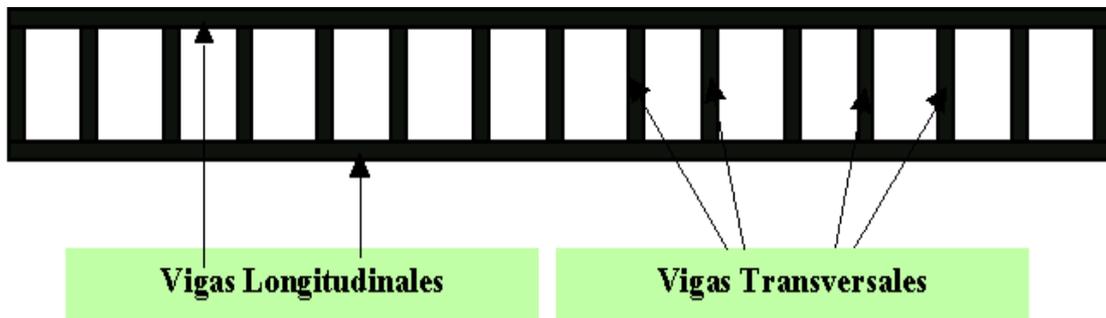
De igual manera, en la dirección longitudinal del puente los elementos longitudinales están suspendidos y sujetos por los tensores que se derivan del cable principal del puente.



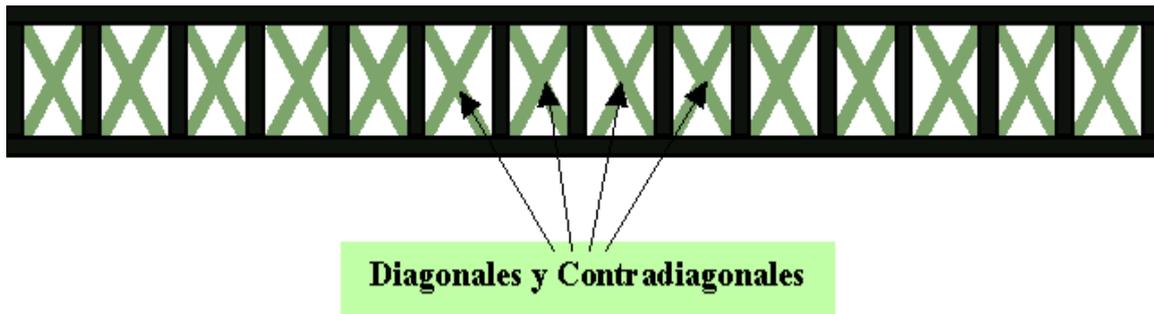
Las vigas longitudinales conforman una estructura similar a una viga continua sobre apoyos elásticos. Cada tensor constituye un apoyo elástico. Este esquema de funcionamiento estructural permite que las dimensiones transversales de las vigas longitudinales (y de las vigas transversales) dependan de la distancia entre tensores y no dependan de la distancia entre torres de sustentación.



Las vigas transversales y longitudinales conforman una malla de elementos estructurales sobre un plano horizontal.

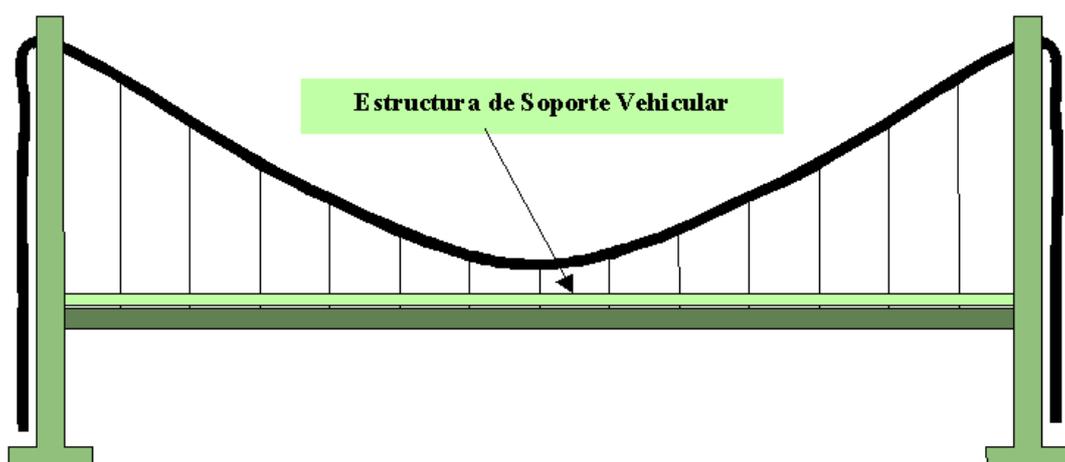


La malla de vigas longitudinales y transversales se puede arriostrar y rigidizar mediante diagonales y contradiagonales.



La colocación de las diagonales y contradiagonales persigue la formación de un diafragma horizontal de gran resistencia a la flexión en la dirección horizontal (similar a una losa en un edificio). La viga que se formaría solamente con las vigas transversales y longitudinales, es normalmente insuficiente para resistir las sollicitaciones transversales al puente sobre ese plano horizontal (acción dinámica de los sismos y del viento).

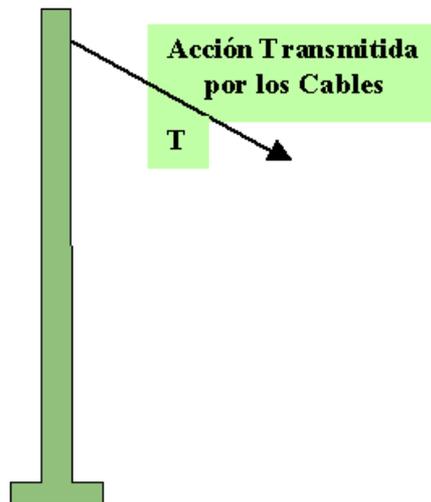
Apoyada en las vigas transversales se construye la estructura que soportará directamente a los vehículos que circulan por el puente. Usualmente esta estructura es una losa de hormigón, pero podría ser una estructura con planchas metálicas. Debido a la gran rigidez de la losa sobre el plano horizontal, en caso de su uso podría prescindirse del uso de diagonales y contradiagonales. En el caso de una superestructura metálica para la circulación vehicular, las diagonales y contradiagonales (o algún otro mecanismo de rigidización) serán necesarias.



En principio, la carga viva vehicular es transmitida a su estructura de soporte; la estructura de soporte vehicular transmite la carga viva y su propio peso a las vigas transversales; las vigas transversales con sus cargas, a su vez, se sustentan en los tensores; los tensores, y

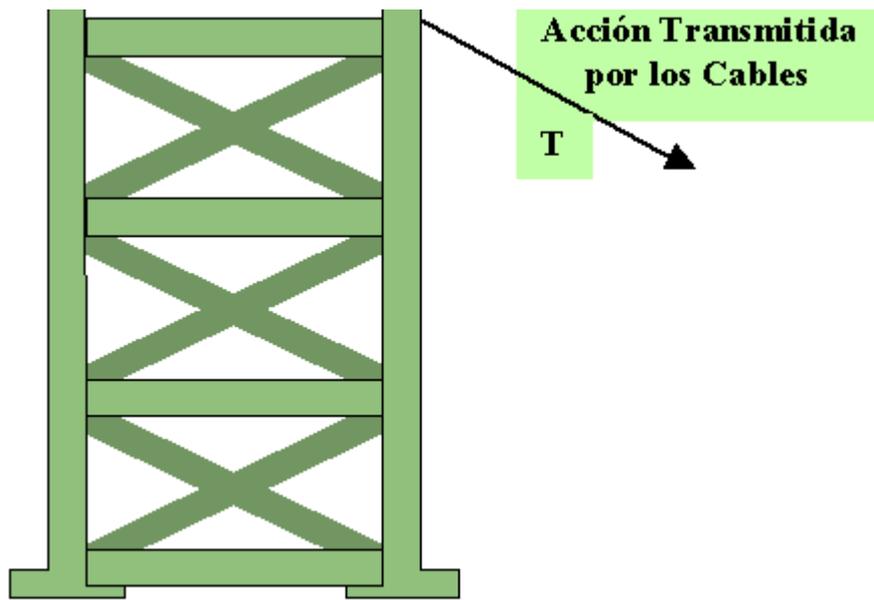
las cargas que sobre ellos actúan, están soportados por los cables principales; los cables principales transmiten las cargas a las torres de sustentación; y, por último, las torres de sustentación transfieren las cargas al suelo de cimentación. Claramente se puede establecer una cadena en el funcionamiento de los puentes colgantes; la falla de cualquiera de los eslabones mencionados significa la falla del puente en su conjunto.

Si bien la explicación del funcionamiento del modelo presentado es ideal desde un punto de vista didáctico, pues se analizan uno a uno los distintos elementos estructurales y su influencia sobre otros tipos de elementos, la geometría presentada hasta el momento no es la más apropiada para un puente colgante, pues la tensión en el extremo de los cables principales se convierte en una acción que no puede ser soportada directamente por las torres de sustentación.

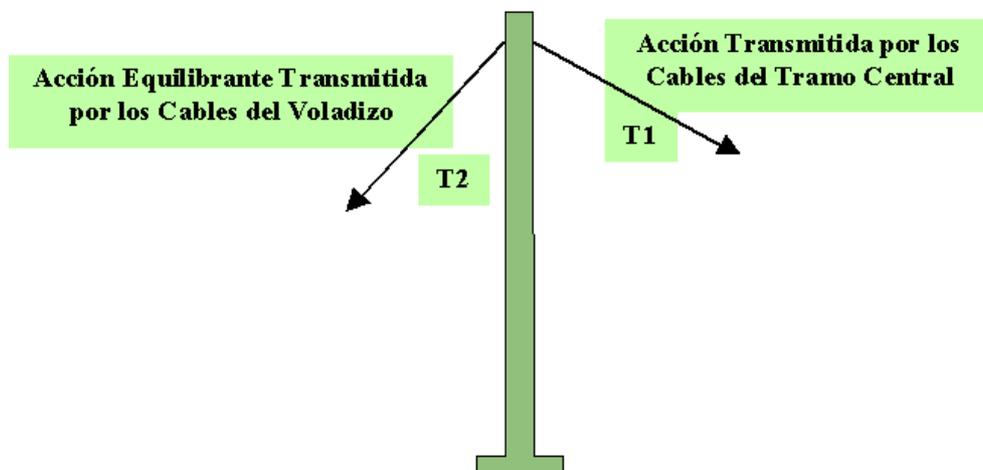
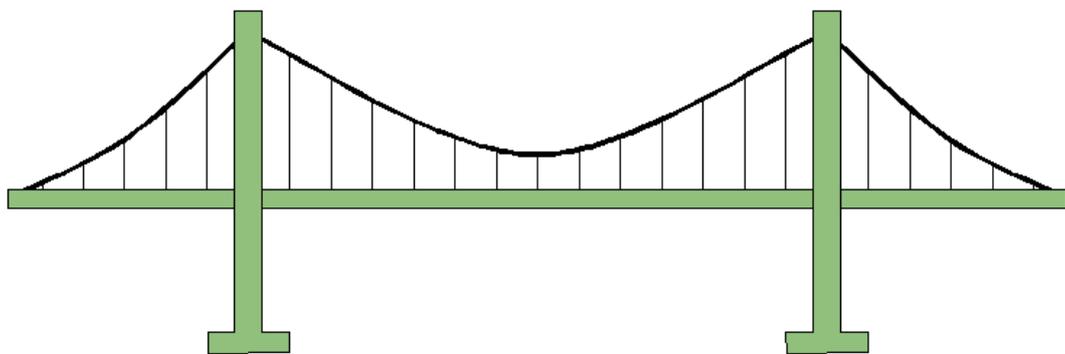


La componente vertical de la tensión del cable es fácilmente resistida por las torres de sustentación, pero la componente horizontal produciría volcamiento. Para superar este limitante se deben crear mecanismos que permitan a la torre compensar esa fuerza horizontal.

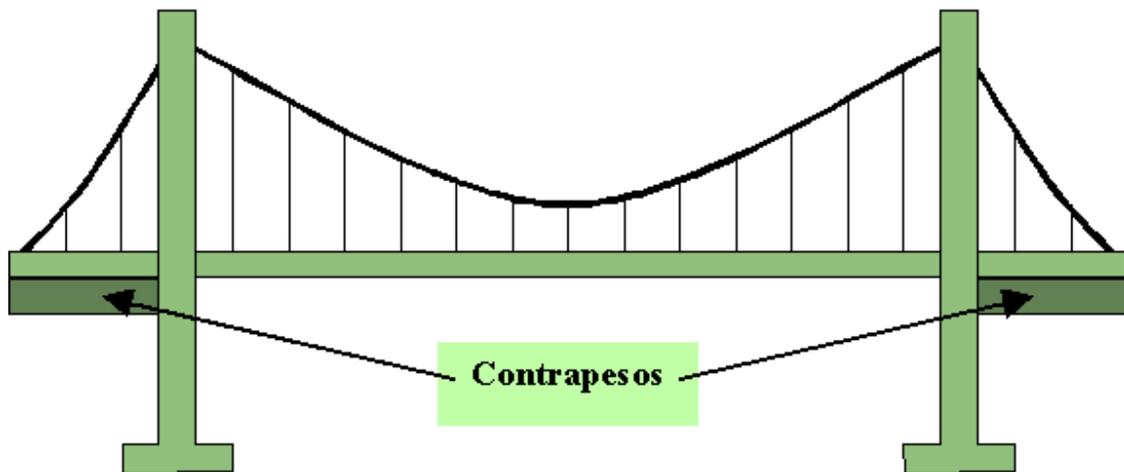
Una primera alternativa, válida exclusivamente para puentes de pequeñas luces (hasta 40 m.) consiste en crear torres de sostenimiento tipo pórtico en la dirección longitudinal, lo que facilita la estabilización de la carga proveniente de los cables principales.



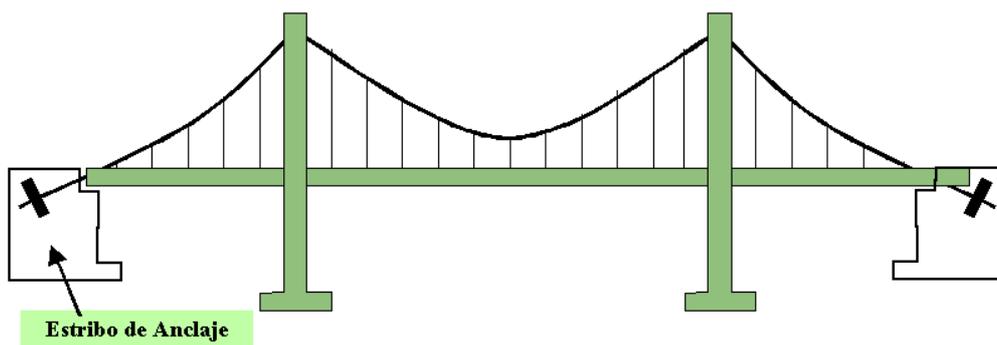
En puentes de grandes luces, la primera fase de la solución del problema consiste en extender el puente y los cables principales hacia el otro lado de la torre, para equilibrar total o parcialmente las cargas permanentes.



En caso de no disponerse de una longitud apropiada hacia los extremos del puente (muchas veces en zonas montañosas el acceso a los puentes es muy restringido), se pueden construir contrapesos como parte de los volados.



La carga muerta no equilibrada y la carga vehicular que circula por el tramo central son resistidas por anclajes gravitacionales de los cables, en sus extremos. La carga vehicular actuante en los tramos extremos del puente puede ser resistida por estribos. Generalmente los estribos son convertidos en anclajes para los cables.



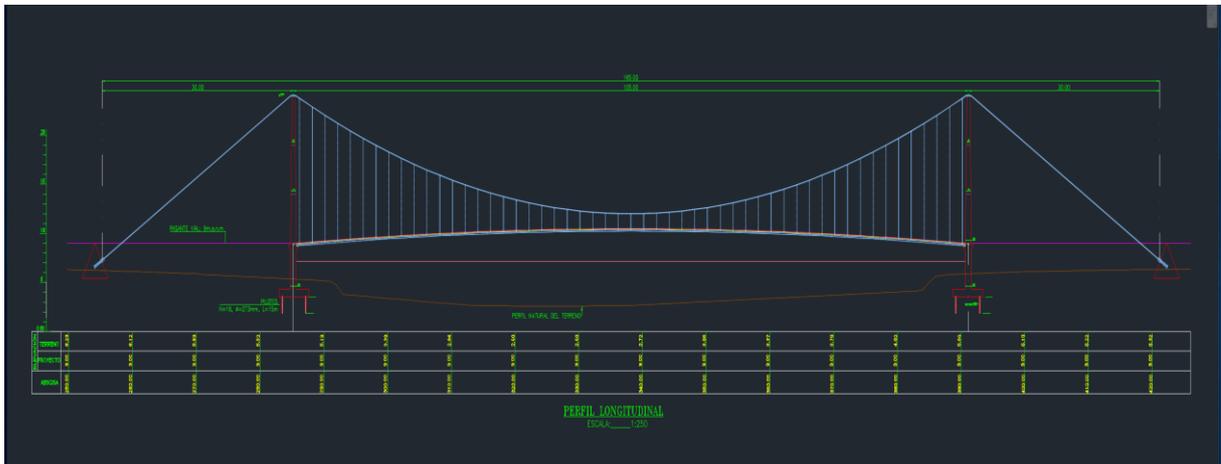
Con el objeto de reducir los costos de los macizos de anclaje, los estribos son construidos en hormigón armado, conformándose celdas selladas llenas de lastre (piedra y tierra) dentro de los estribos.

Esta estructuración de los puentes colgantes permite resistir eficientemente las cargas gravitacionales, pero existen otras alternativas de estructuración, como puentes colgantes

continuos, puentes con un solo eje central de cables, puentes con más de un cable en los extremos de la vía, etc.

## 8.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

A continuación se detallara cada paso que se siguió para la realización del diseño de cada uno de los elementos que conformaran a la super y sub-estructura del puente colgante de 105 metros de luz sobre el rio Tambillito, para lo cual se utilizó la ayuda del software CSi BRIDGE 2016 que es lo último en herramientas informáticas para modelar, analizar y diseñar la estructura de un puente.

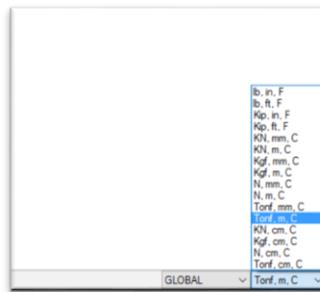


Se procede a definir las características geométricas las cuales se muestran en la siguiente tabla:

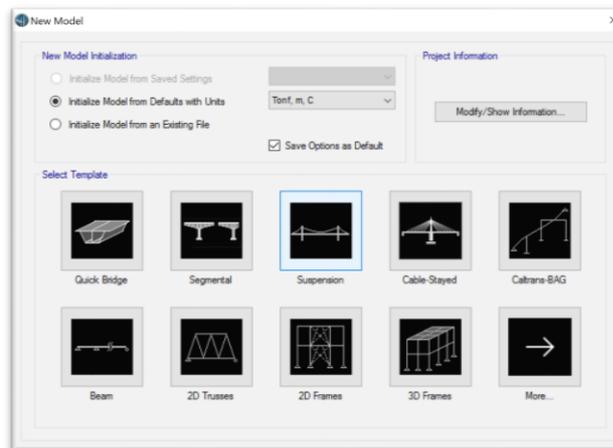
CARACTERISTICAS GEOMÉTRICAS	
DATOS	
Tipo de estructura	PUENTE COLGANTE
Longitud entre torres de apoyo	105,00 m
Longitud torre anclaje	30,00 m
Altura de torres	15,00 m
Ancho total	5,20 m
Ancho de calzada	4,00 m
Número de carriles	2

## 8.5.1. PASOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE UN PUENTE COLGANTE EN CSI BRIDGE 2016

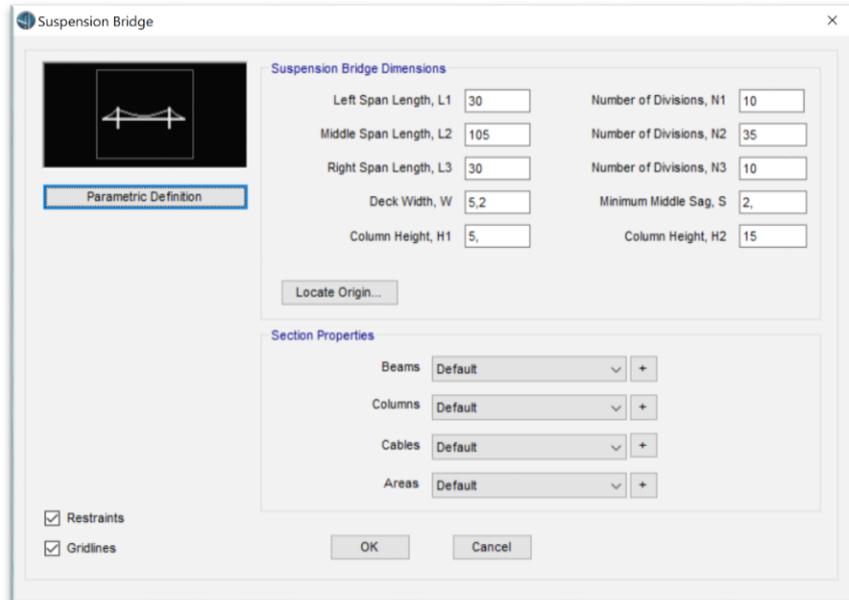
- ✓ Selección de unidades con las cuales se van a trabajar posteriormente en el diseño del proyecto que son las que predominaran el diseño.



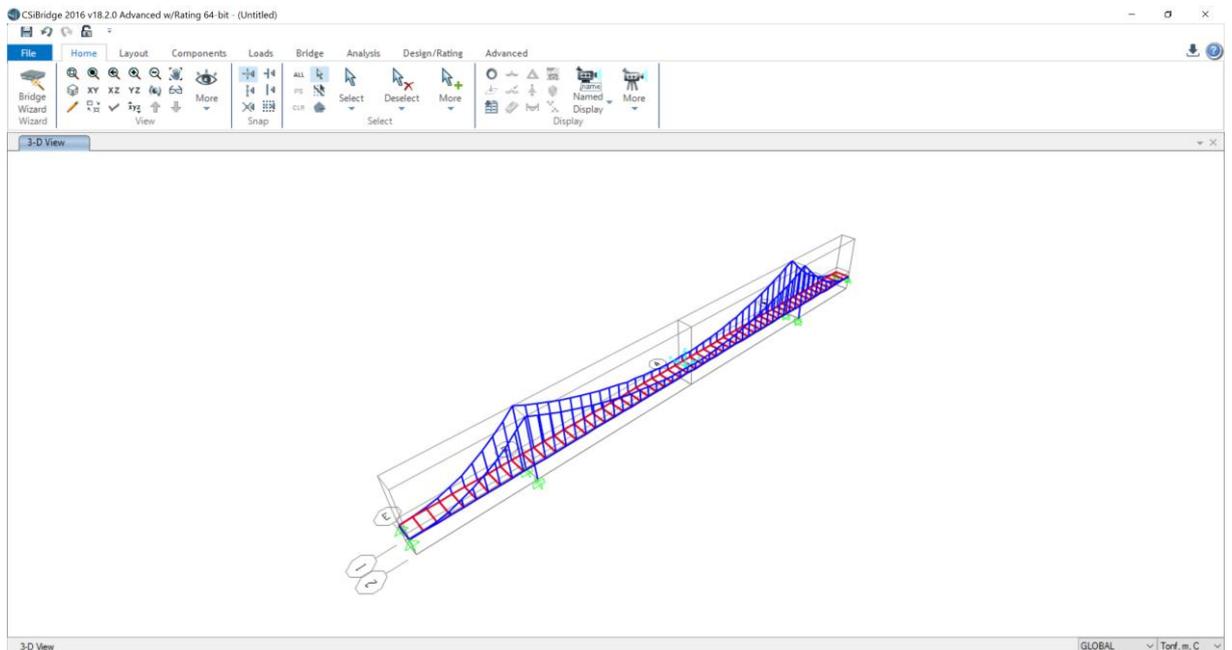
- ✓ Una vez obtenida la información de las características particulares del proyecto se procede con la definición del modelo que conformará la estructura para lo cual el programa toma como referencia las normas AASHTO LRFD para el pre diseño de la estructura.
- ✓ Seleccionar una plantilla del programa en este caso será la de puente colgante.



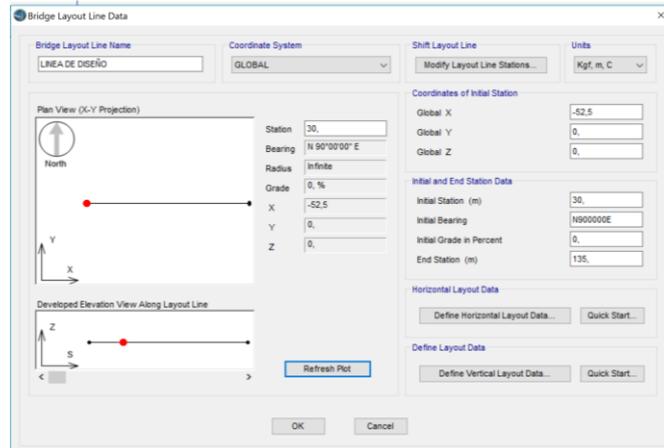
- ✓ Ingresar cada una de las longitudes que pide la plantilla seleccionada.



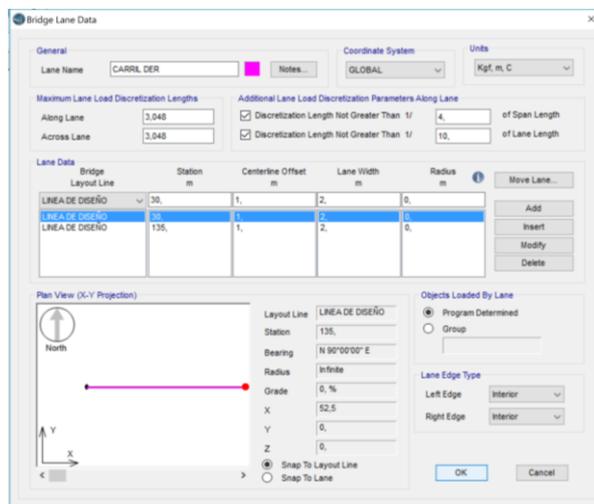
- ✓ Finalmente tendremos creados determinados nudos que serán de mucha ayuda a lo largo del diseño del puente colgante como se puede apreciar en la siguiente figura.



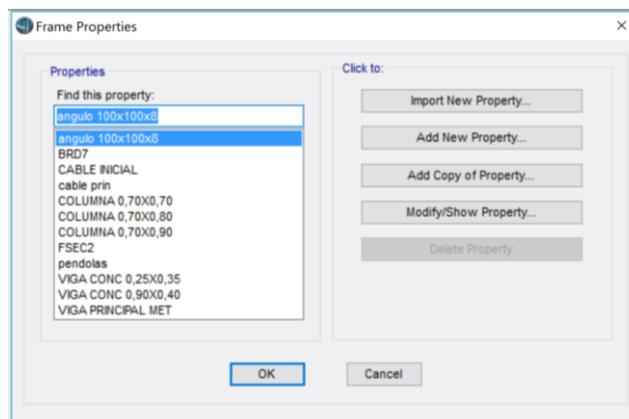
- ✓ Definir la línea base (Layout) del diseño del puente colgante donde se especificará la estación inicial y la longitud del puente.



- ✓ Se procede con la definición de los carriles (Lanes) del puente, donde se ingresaran datos como la longitud y el ancho de cada carril.

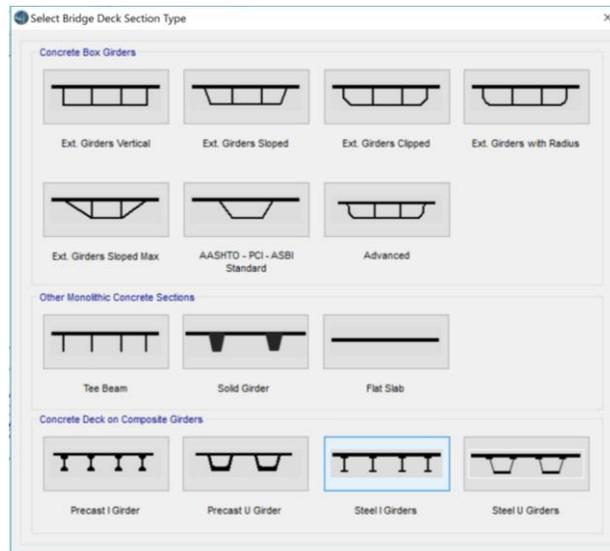


- ✓ A continuación se definen las propiedades de cada uno de los materiales que se van a utilizar para el diseño del puente

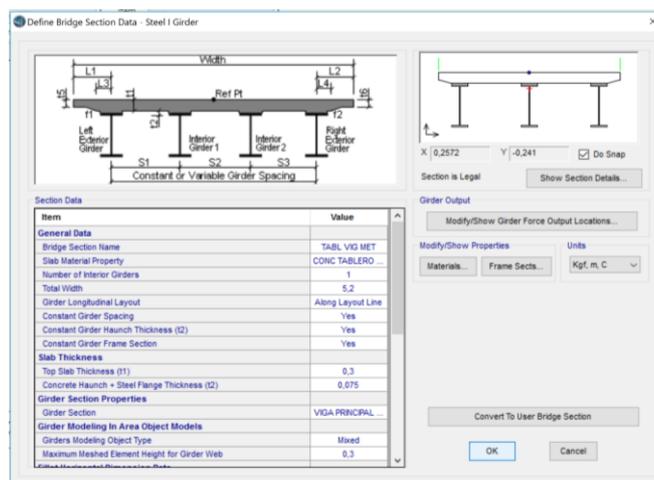


## 8.5.2. DEFINICIÓN DE LA SUPER-ESTRUCTURA

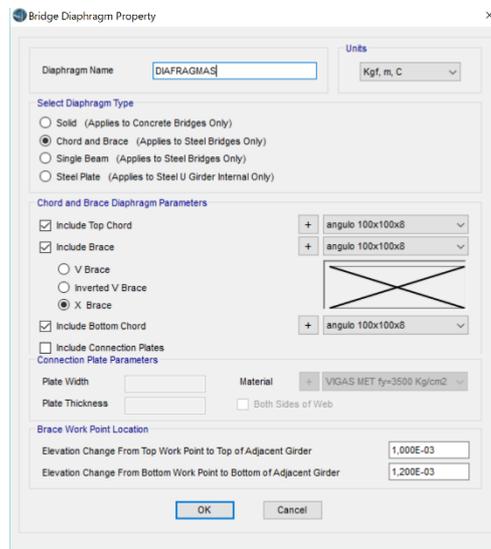
- ✓ Definir la sección del puente escogiendo la plantilla a utilizar, en este caso se seleccionó la de losa de concreto con vigas de acer



- ✓ Se realiza el pre-dimensionamiento del tablero y las vigas donde se colocaran las propiedades del material a utilizar en cada uno de los elementos además se coloca también el número de vigas interiores y ancho total de la losa entre otros datos según indiquen las normas AASHTO LRFD.

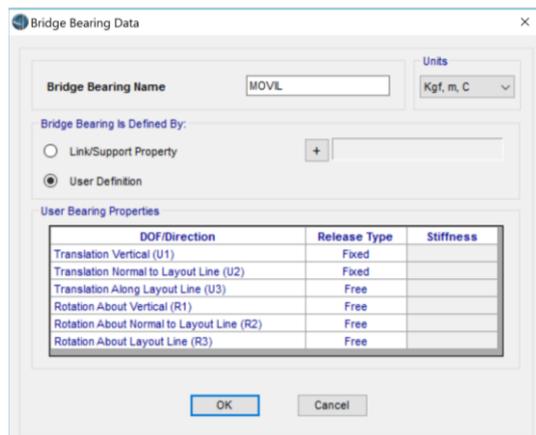
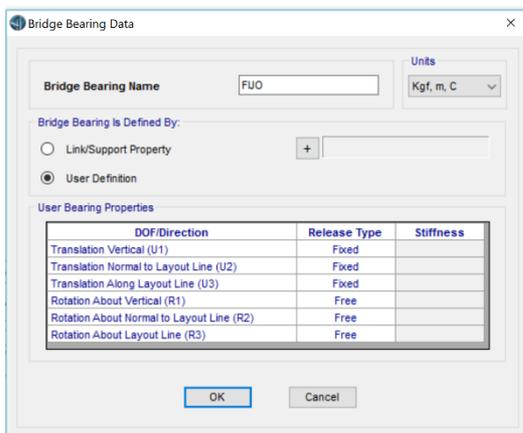


- ✓ Continuar con la definición de los diafragmas y establecer el tipo y las propiedades del elemento.

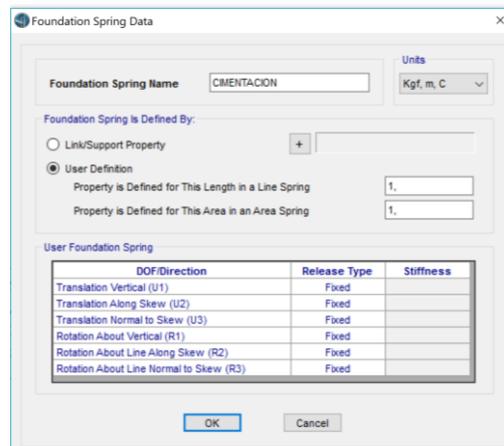


### 8.5.3. DEFINICIÓN DE LA SUB-ESTRUCTURA

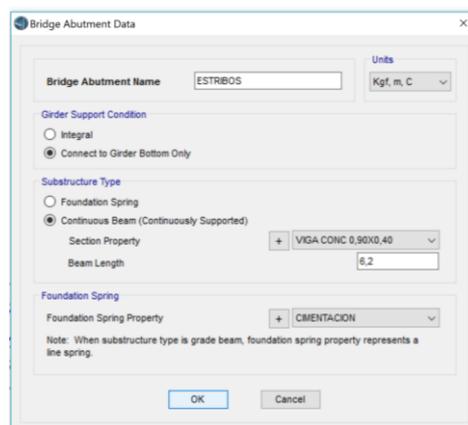
- ✓ Definir los apoyos del puente donde se va a restringir ciertos desplazamientos dependiendo del tipo de apoyo. En este caso se va a tener uno fijo y otro móvil.



- ✓ Se define la cimentación del puente.



- ✓ Definición de los estribos del puente.

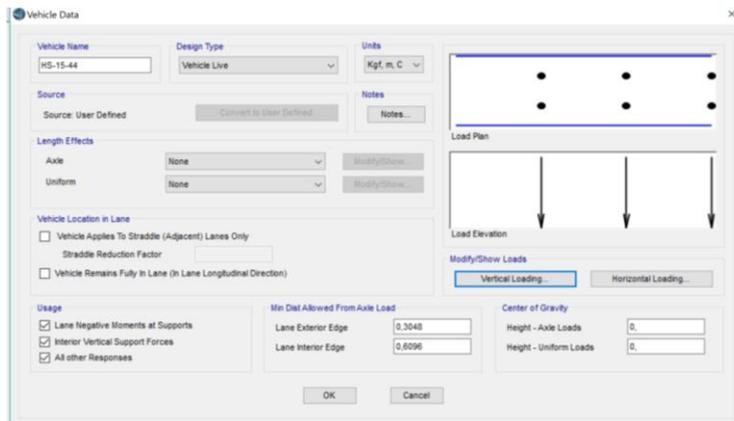


## 8.5.4. DEFINIR EL PATRÓN DE CARGAS

### Tipos de cargas

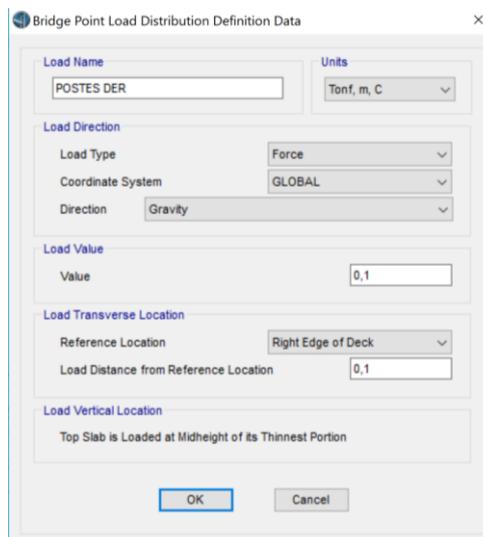
Se han asignado las siguientes cargas:

- Carga muerta
- Carga vehicular (se ha considerado la carga del camión de diseño del código AASHTO es decir el HS-15-44)



## Definición de las cargas aplicadas sobre el puente

- ✓ Se procede con la definición de las cargas que el puente va a soportar
- ✓ Se definen las cargas de los postes tanto a la derecha como a la izquierda del puente, las cuales van a actuar como cargas puntuales en el diseño.

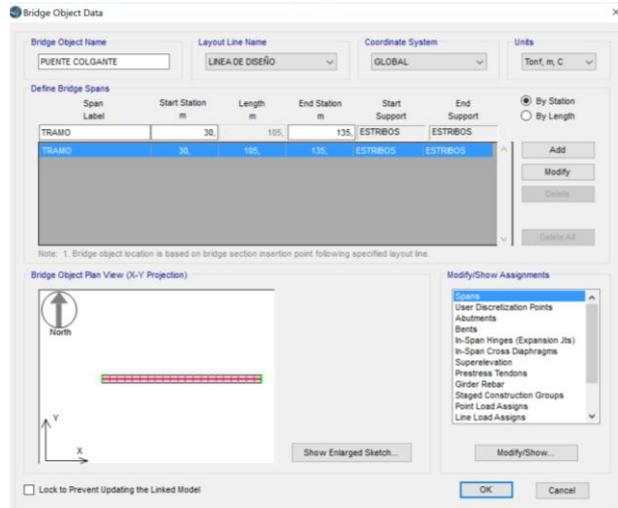


- ✓ Se definen las cargas lineales como son las de las barandas a cada lado del puente.

- ✓ Se definen las cargas de área como es las del asfalto.

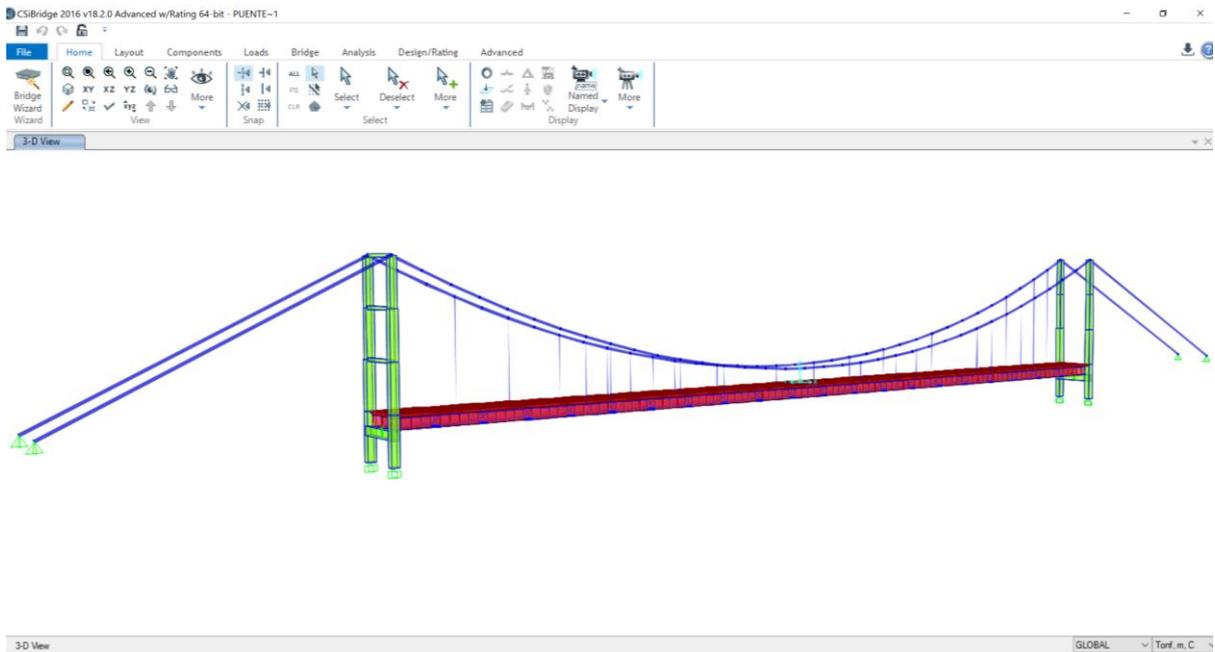
## Definición del objeto puente

- ✓ Se definen cada uno de los parámetros antes ingresados del puente tanto de la super-estructura como de la sub-estructura en donde se podrá configurar las propiedades de los elementos, refuerzo de las vigas en caso de que sea necesario, entre otros.

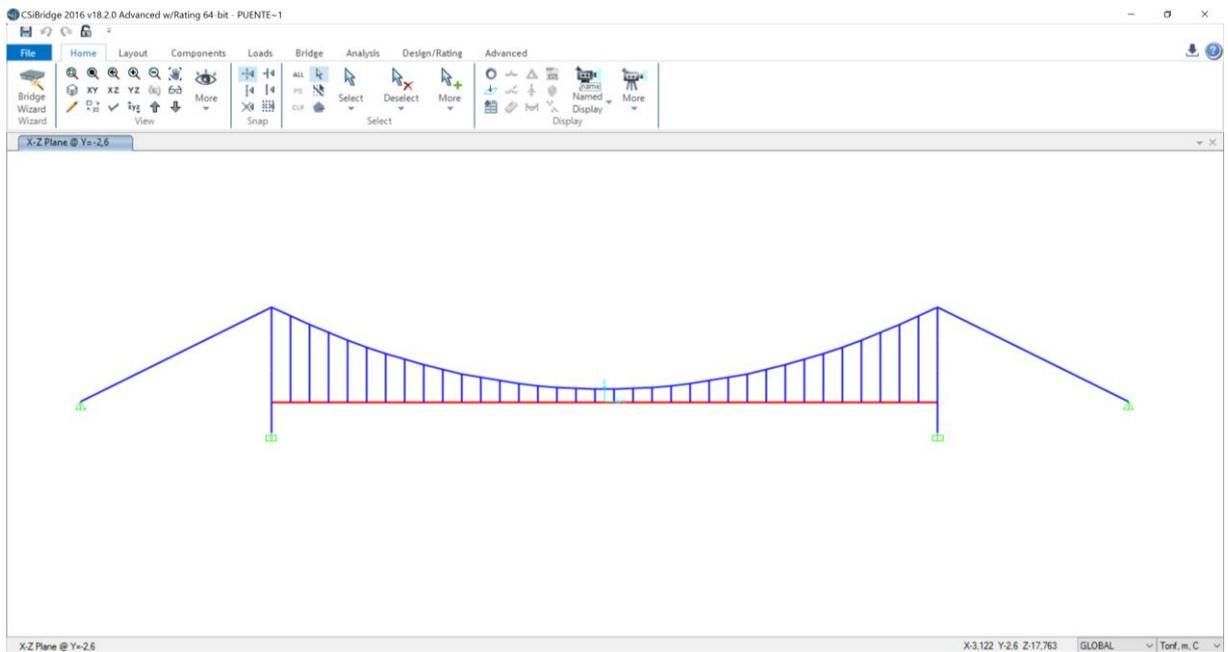


- ✓ A continuación se visualizan todas las características del puente colgante como se puede apreciar en las siguientes figuras desde diferentes perspectivas.

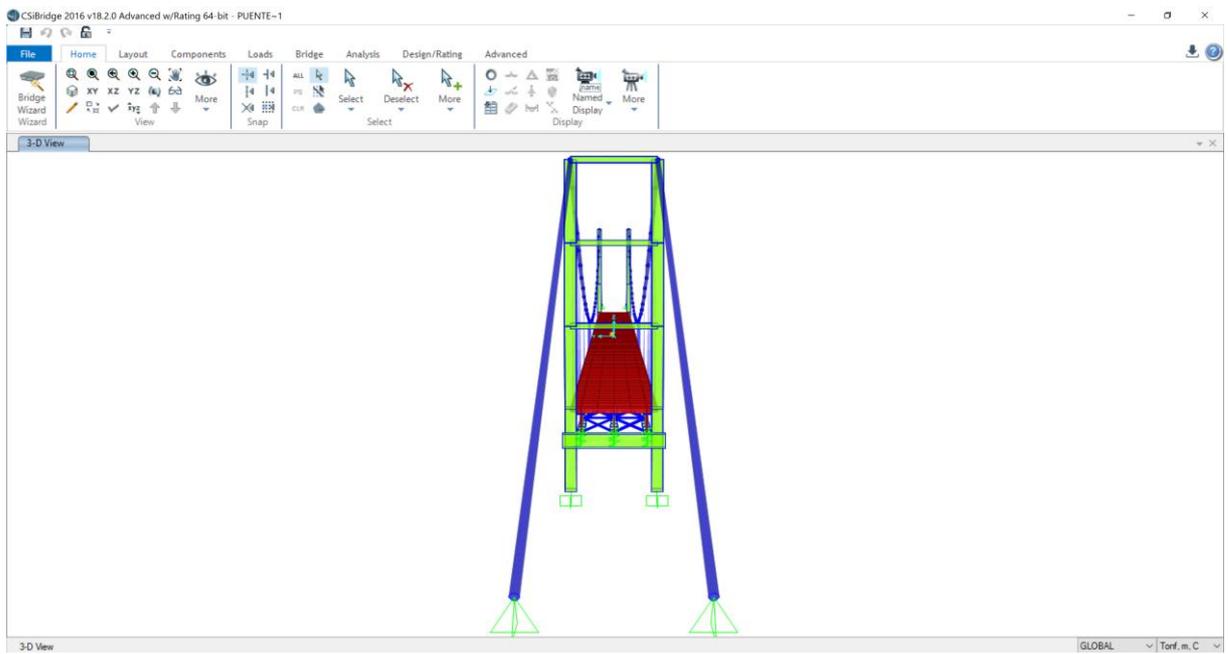
### Ilustración 24: VISTA LATERAL DEL PUENTE



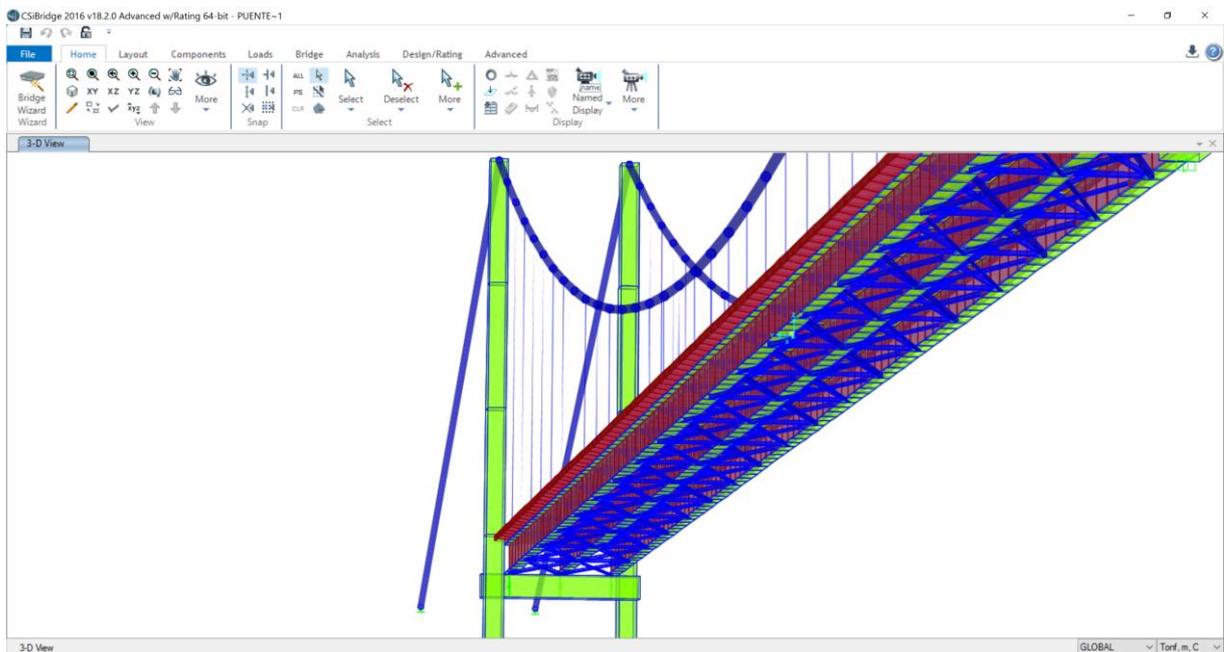
## Ilustración 25: VISTA EN EL PLANO XZ



## Ilustración 26: VISTA EN EL PLANO YZ



## Ilustración 27: VISTA EN 3D



Se definen las combinaciones de carga a utilizar en el diseño del puente y posteriormente se procede a correr el análisis del programa.

- Servicio I:  $DC + LL$
- Resistencia I:  $1.25DC + 1.75 LL$
- Evento Extremo I:  $1.25DC + EQ_x + 0.30Q_y$

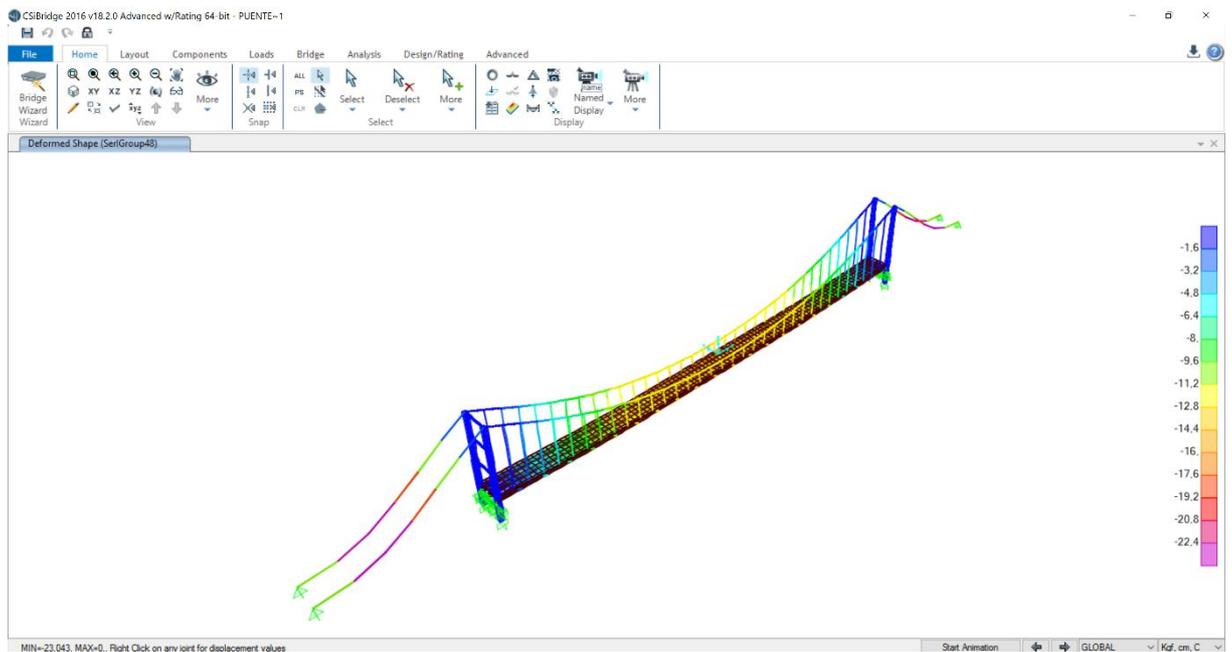
Dónde:

DC: efecto por carga muerta (peso del tablero, postes y pasamanos)

LL: efecto por carga vehicular

EQ: efecto por sismo de diseño

## Ilustración 28: MODELACIÓN DEL PUENTE



En la siguiente figura se puede visualizar la deformada o flecha máxima permitida del puente colgante que según la siguiente tabla de la sección 2.5.2.2. AASHTO LRFD para la deflexión envolvente de las cargas de diseño Servicio I para la longitud de 105.00 metros tiene que dar 13.13cm y en el software se visualiza que se presenta una deformada de 13.01cm la cual es aceptable para el diseño.

**Tabla 48:** Fórmulas para el cálculo de las deformaciones

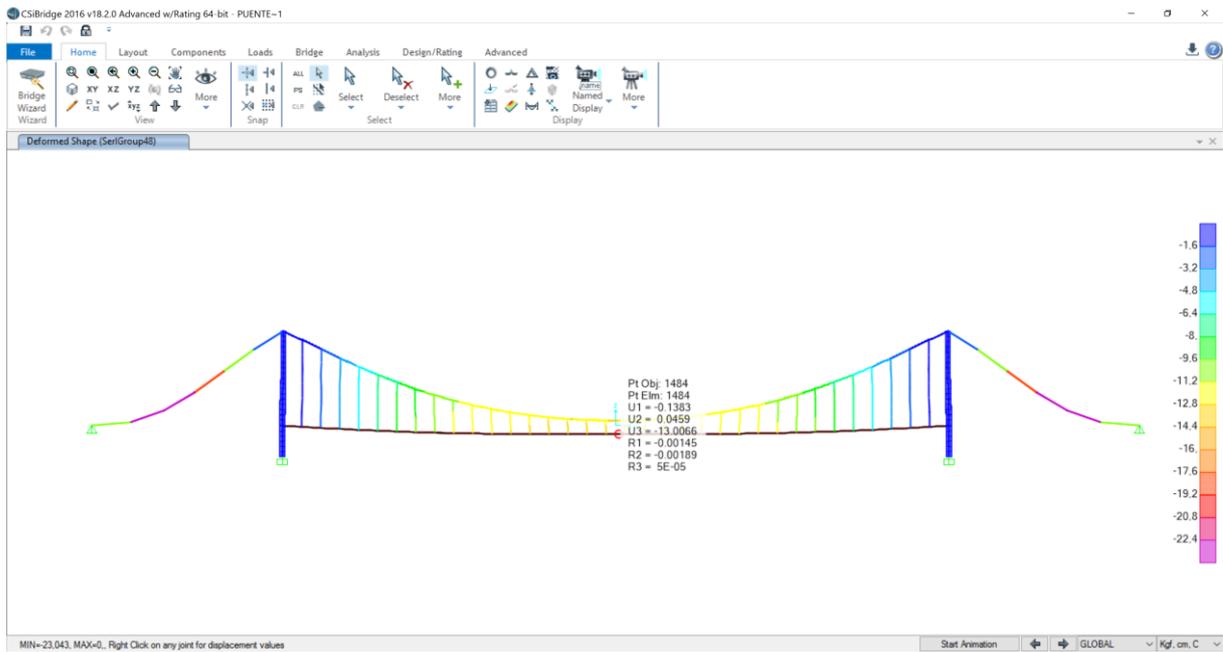
FORMULAS PARA CALCULAR LA DEFORMACION	
CARGA	FORMULAS
Vehicular	$L/800$
Vehicular y/o peatonal	$L/1000$
vehicular sobre voladizos	$L/300$
vehicular y/o peatonal sobre voladizos	$L/375$

Fuente: AASHTO LRFD, sección 2.5.2.2

**L = 105.00 m**

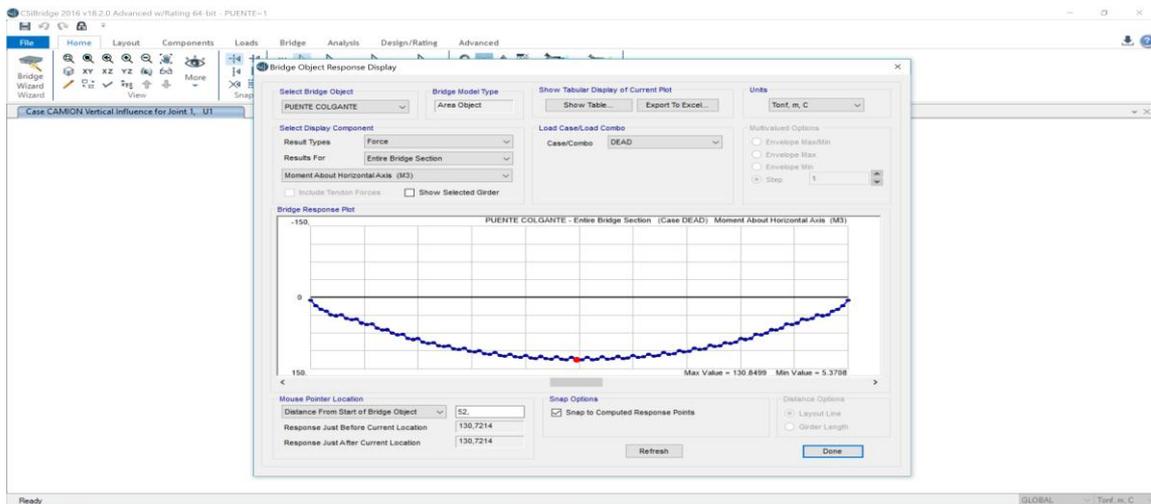
$$\frac{105 \text{ m}}{800} = 0.131\text{m} * 100\text{cm} = 13.13\text{cm}$$

## Ilustración 29: DEFORMADA MÁXIMA

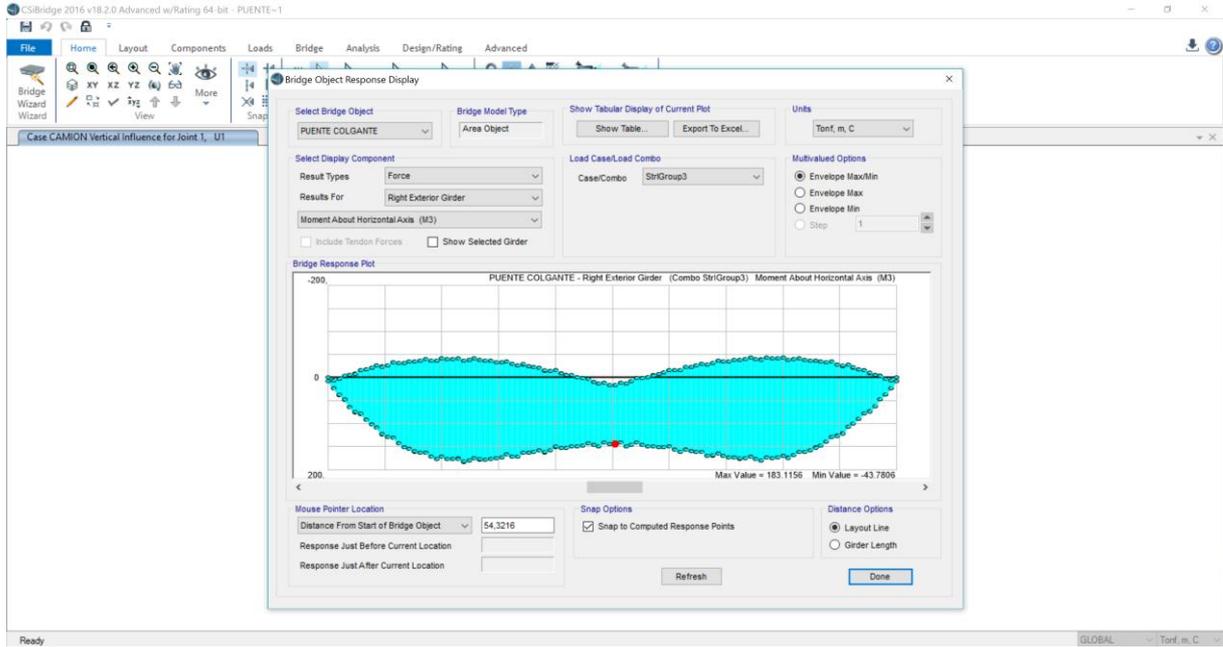


Se visualizan también el diagrama de momentos y cortantes de todo el puente colgante con el combo de **Resistencia I**.

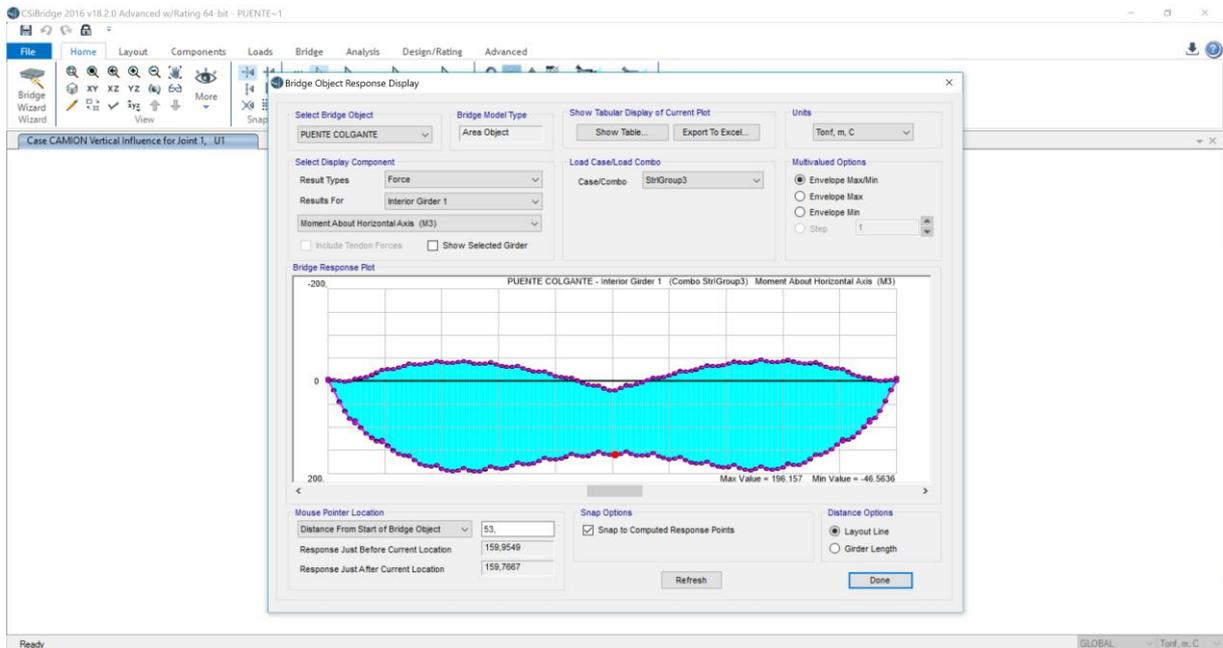
## Ilustración 30: Diagrama de momento de acuerdo a la carga muerta



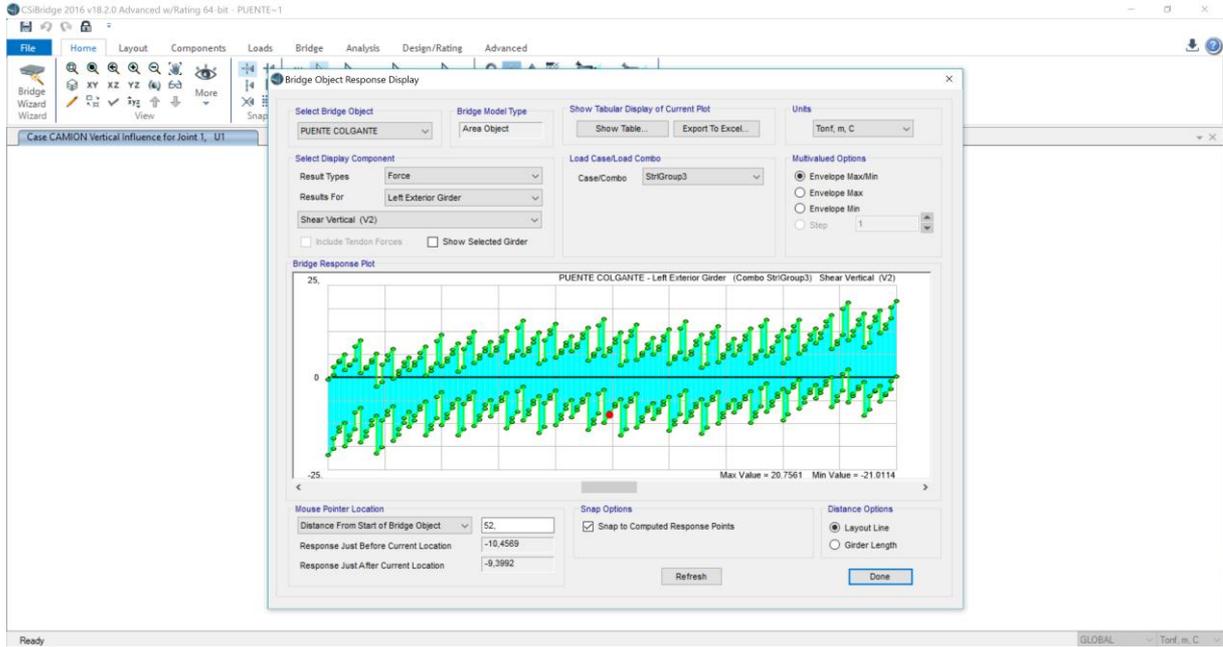
**Ilustración 31:** Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga exterior



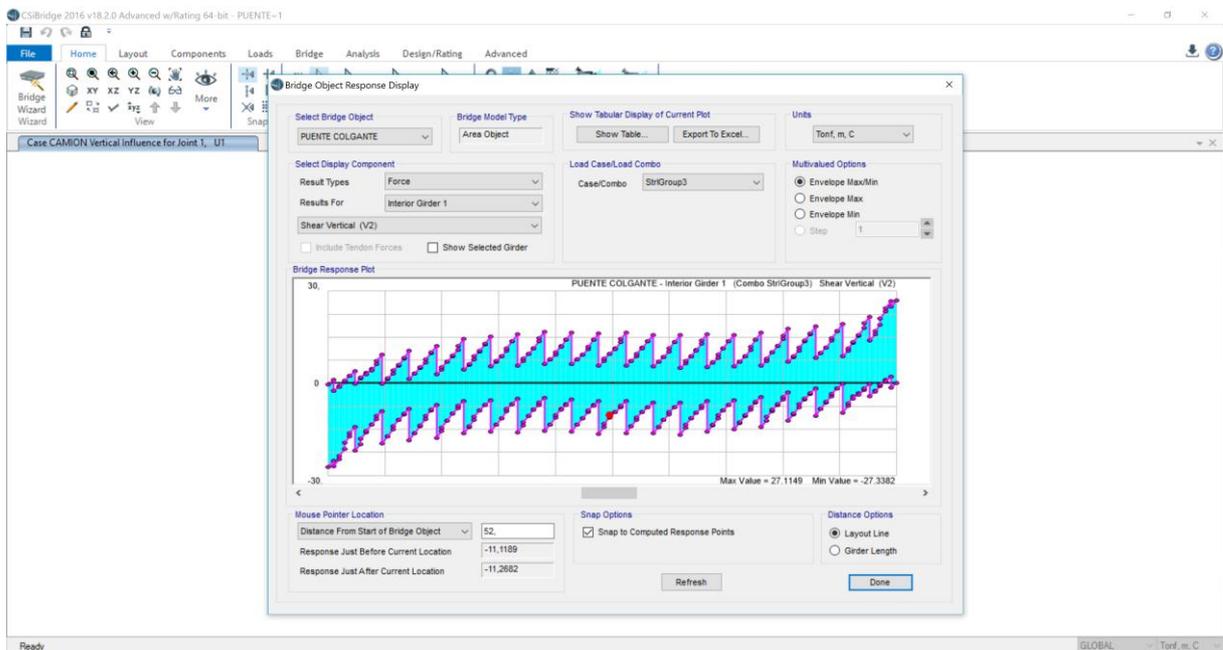
**Ilustración 32:** Diagrama de momento con el combo de resistencia de la viga interior



**Ilustración 33:** Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga exterior



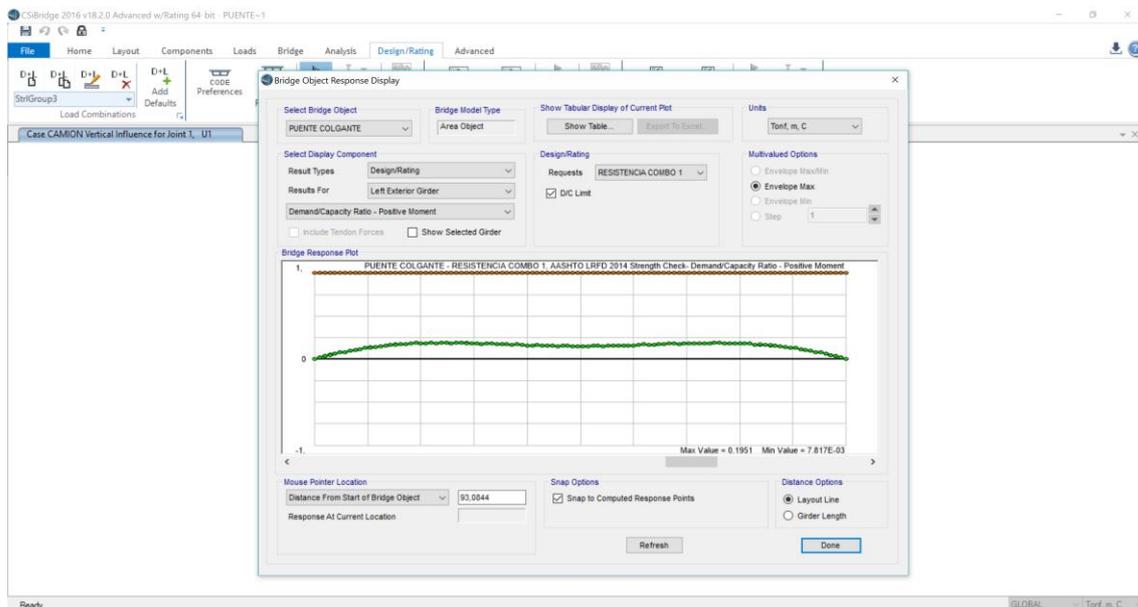
**Ilustración 34:** Diagrama de cortante con el combo de resistencia de la viga interior



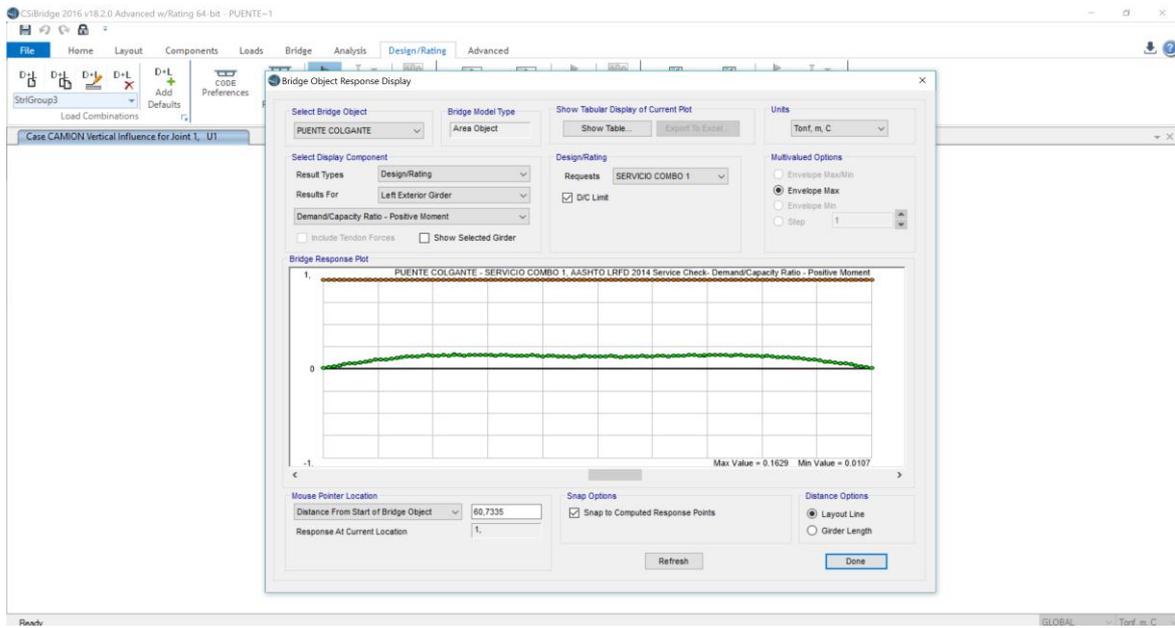
## Diseño y evaluación de las vigas

Se crean las solicitudes de diseño en donde se emplea la combinación envolvente de **Resistencia I** y **Servicio I** para ver el comportamiento de las vigas de acero del puente colgante. En la siguiente figura se puede visualizar la demanda capacidad de la viga en donde indica que cubre el momento requerido.

**Ilustración 35:** Demanda de capacidad de la viga



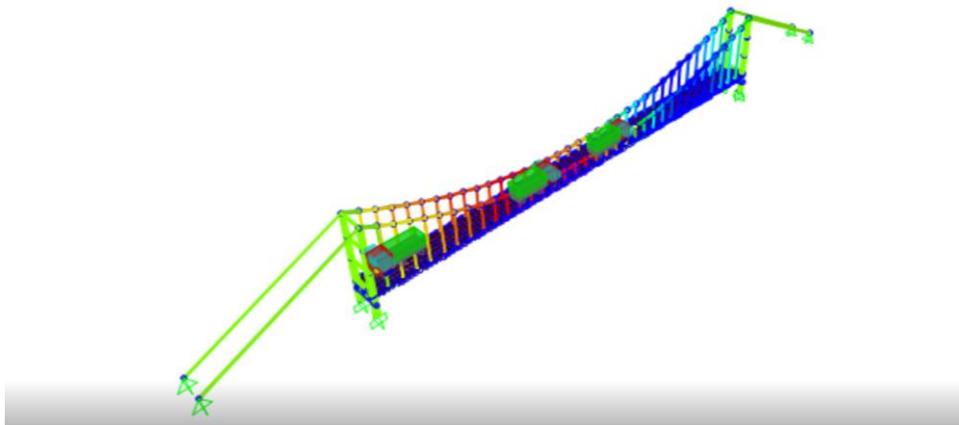
### Ilustración 36: Demanda capacidad de la viga



Despues de haber verificado que el diseño es optimo y que no se presenta ningnuna clase de inconvenientes se procede a realizar la modelacion del puente colgante como se puede apreciar en la siguiente figura.

### Ilustración 37: Aplicación de la carga Truck

CSiBridge 2016    Filename: TTT6.bdb    Deformed Shape    Case: TRUCKS    Step 53



### 8.5.5. DISEÑO DE LOS ESTRIBOS Y CIMENTACION

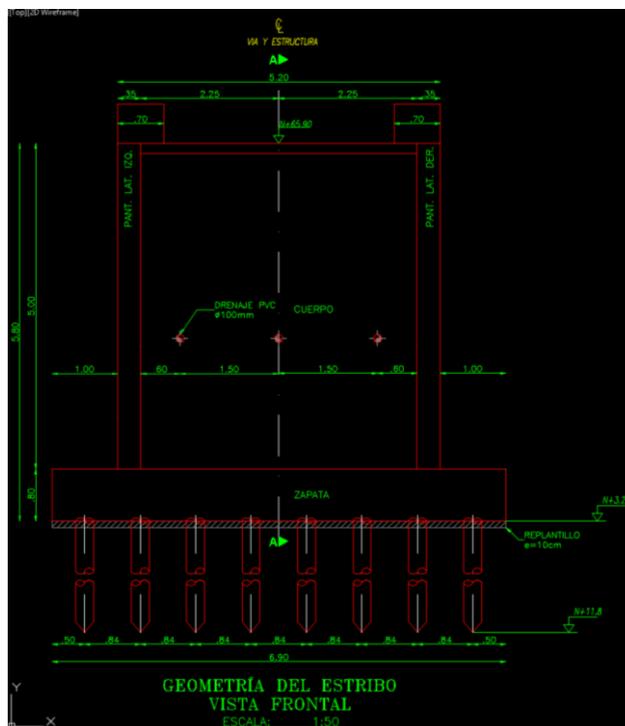
La superestructura se apoya sobre dos estribos de hormigón armado cimentados en las cotas 3.20 m.s.n.m. y apoyados sobre 16 pilotes de acero de 15m de longitud cada uno. Se ha requerido el uso de cimentación profunda debido a que las características del suelo a nivel superficial no garantizan la capacidad portante requerida por la estructura. Los pilotes son de 273mm de diámetro y 9.27mm de espesor con una capacidad individual de 53 Ton (punta y fricción) de acuerdo a los resultados del estudio de suelos.

El estudio hidrológico ha establecido el nivel de máxima crecida en la cota 7.16 m.s.n.m. y ha determinado que el perfil de socavación no afecta a las zapatas de los estribos. A continuación se presente el diseño de los diferentes elementos del estribo bajo las diferentes condiciones de carga a las que este se ve sometido.

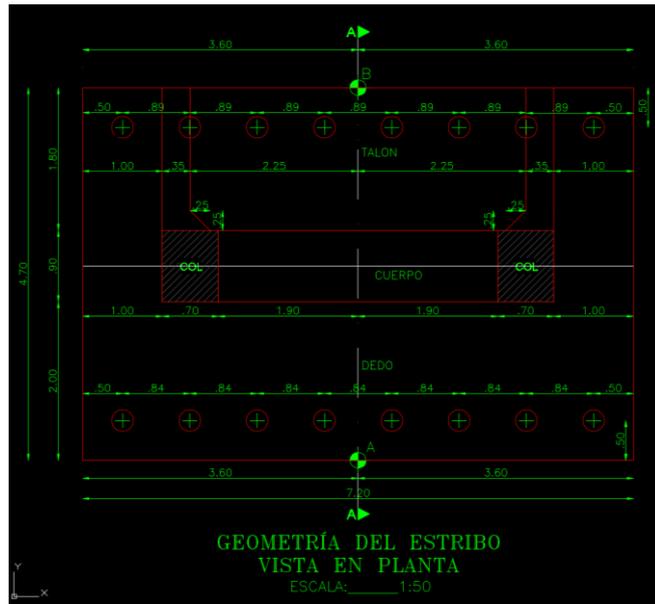
### 8.5.6. GEOMETRÍA DEL ESTRIBO

La geometría y medidas del estribo se presentan a continuación.

**Ilustración 38:** Elevación frontal del estribo



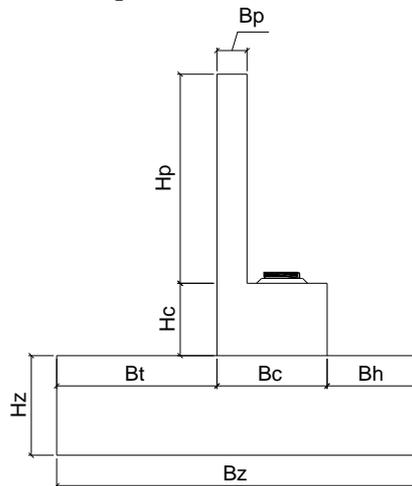
**Ilustración 39:** Planta del estribo



*Tabla 49: Dimensiones del estribo*

<b>Bz</b> <b>(mm)</b>	<b>H<sub>z</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>B<sub>t</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>B<sub>c</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>H<sub>c</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>B<sub>h</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>B<sub>p</sub></b> <b>(mm)</b>	<b>H<sub>p</sub></b> <b>(mm)</b>
4700	800	2000	900	2000	1800	0	0

**Ilustración 40:** Esquema de dimensiones del estribo

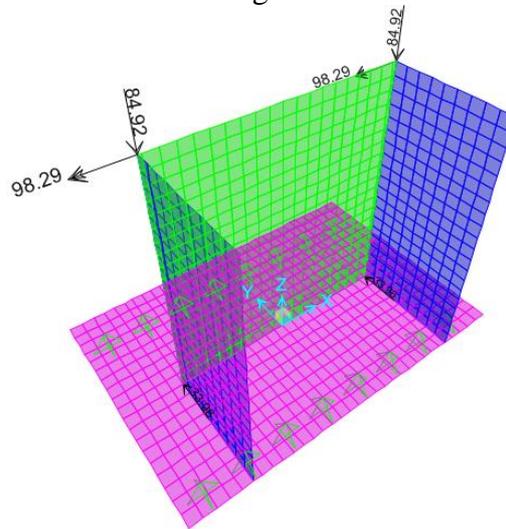


### 8.5.7. CARGAS

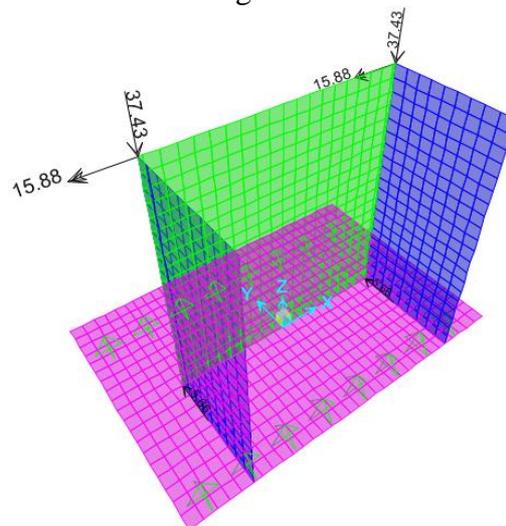
Las cargas que afectan la cimentación están divididas en dos tipos. Por un lado las cargas generadas por el peso propio de cada estribo y la presión del suelo detrás del cuerpo del mismo y por otro las cargas axiales y momentos provenientes de las columnas de la superestructura. Tomando esto en cuenta las siguientes tablas muestran las cargas usadas para el diseño.

#### Cargas exteriores

**Ilustración 41:** Cargas vivas del estribo



**Ilustración 42:** Cargas muertas del estribo



**Tabla 50:** Carga de superestructura sobre estribo

	<b>Axial (tonf)</b>	<b>Momento (tonf-m)</b>	<b>Cortante (tonf)</b>
<b>Viva</b>	84.92	98.29	33.96
<b>Muerta</b>	37.43	15.88	5.66

Cargas del estribo

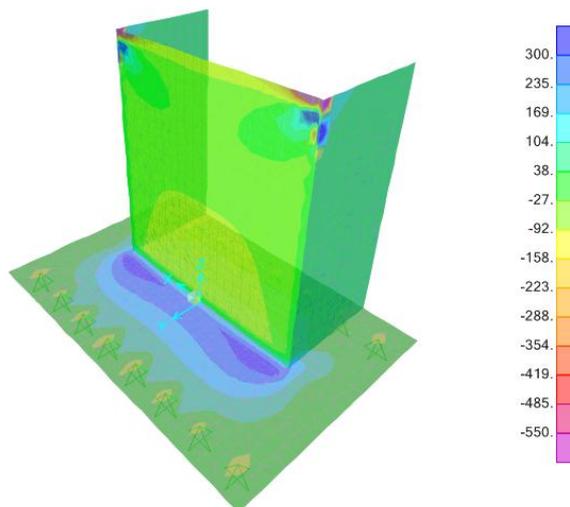
**Tabla 51:** Cargas sobre estribo

	<b>Vertical (tonf/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Horizontal por m vertical (tonf/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Suelo exterior</b>	0.57	0
<b>Suelo Interior</b>	2.85	0.57

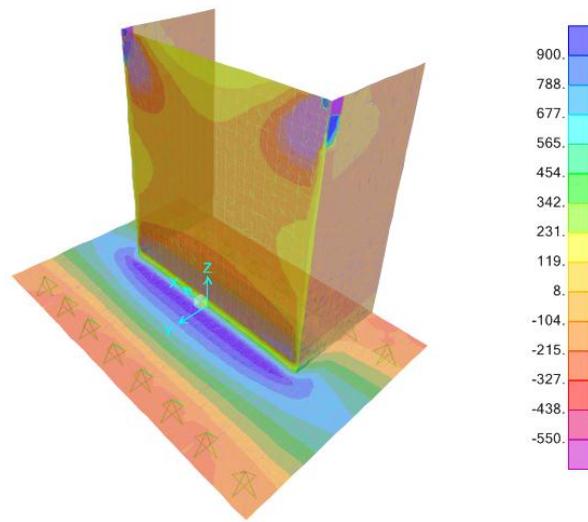
Usando las cargas mostradas en las tablas anteriores y utilizando la combinación de diseño Resistencia 1 se obtienen las siguientes cargas.

Momentos sobre el estribo

**Ilustración 43:** Momentos 11 (KN-m/m)

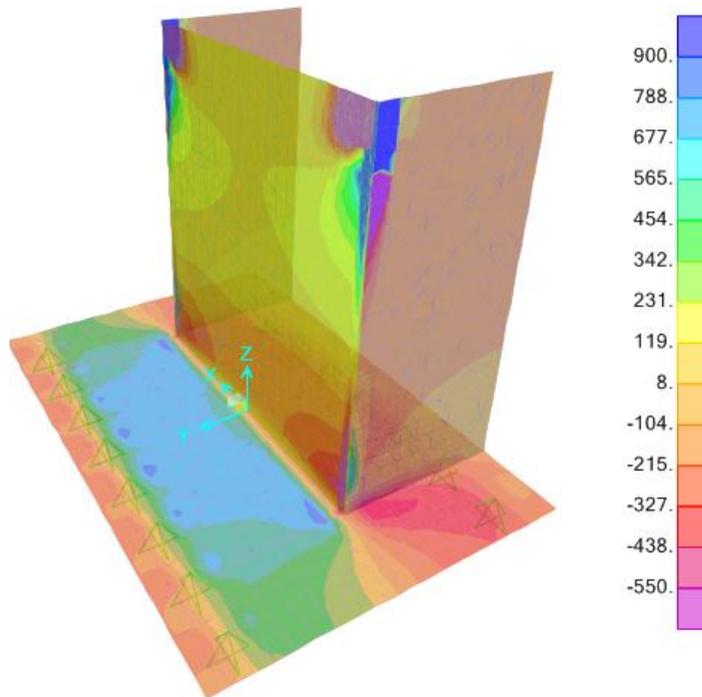


**Ilustración 44: Momentos 22 (KN-m/m)**

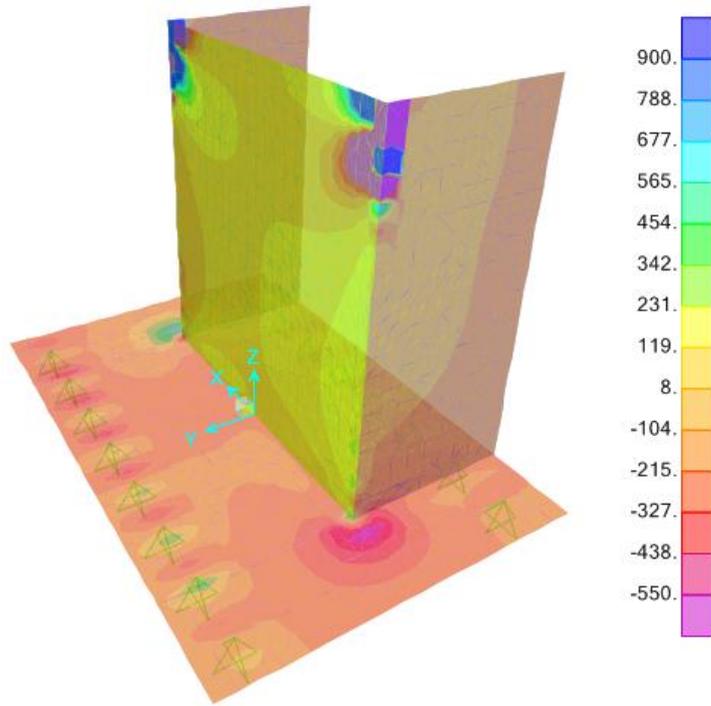


Cortante sobre el estribo

**Ilustración 45: Cortante V23 (KN/m)**

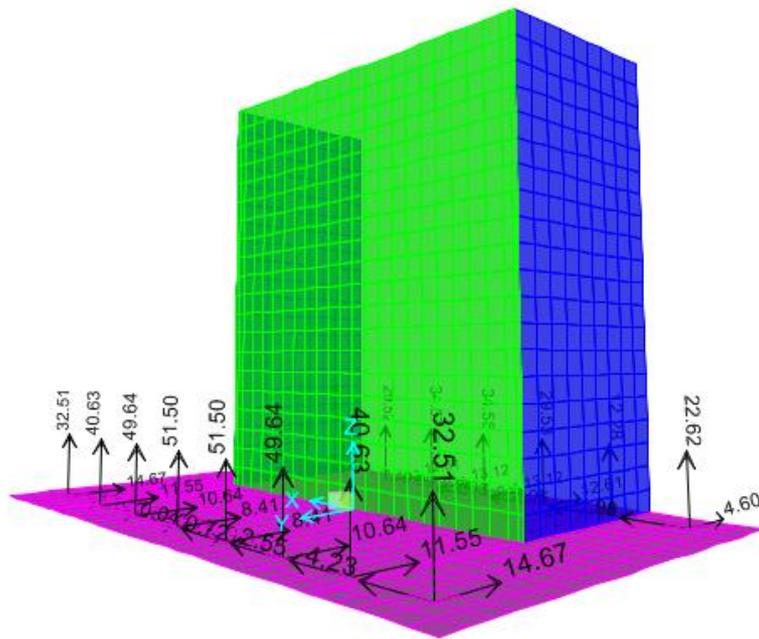


**Ilustración 46:** Cortante V13 (KN/m)

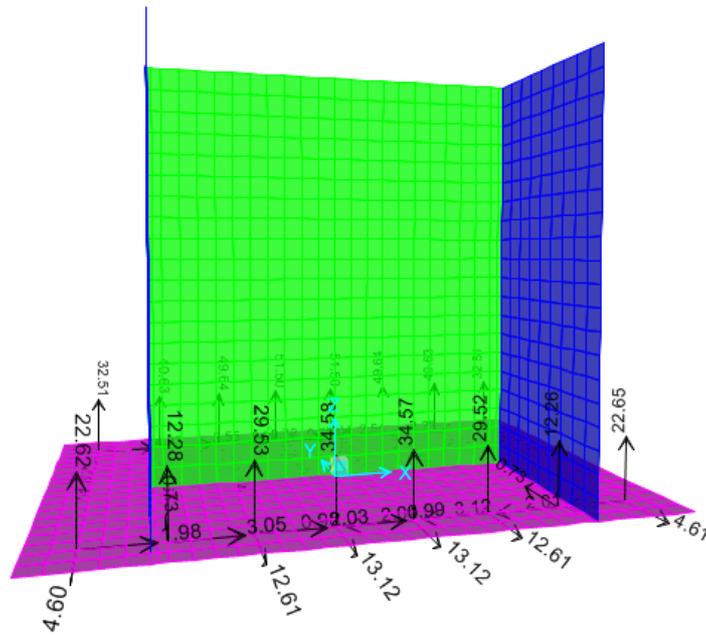


Carga sobre los pilotes

**Ilustración 47:** Cargas sobre los pilotes (tonf)



**Ilustración 48:** Cargas sobre los pilotes (tonf)



### DISEÑO DEL CUERPO DEL ESTRIBO

A continuación se presenta el diseño del cuerpo del estribo. A partir de las cargas antes mostradas se diseña tanto el cuerpo como los muros laterales.

**Tabla 52:** Momentos y cortantes sobre el estribo para diseño por resistencia I

	Momento 11 (KN-m/m)	Momento 22 (KN-m/m)	Cortante 13(KN/m)	Cortante 23 (KN/m)
<b>Cuerpo</b>	-135	-550	0	0
<b>Muros Laterales</b>	-16	250	0	0
<b>Dedo</b>	270	1000	650	600
<b>Talón</b>	135	400	180	400

**Tabla 53: Diseño a flexión del cuerpo del estribo**

RESISTENCIA														
Posición	Mu (kN-m)	b (m)	h (m)	φ	r (m)	φv (mm)	dt (m)	R (Mpa)	φ req	As (cm2)				
Cuerpo	550.00	1	0.9	0.9	0.05	25	0.8375	0.87	0.21%	17.76				
ACERO MÍNIMO														
As (cm2)	ACERO SELECCIONADO						Sc (cm3)	Mcr (kN-m)	1.2*Mcr	1.3*Mu	a (cm)	φMn (kN-m)	Criterio	
24.54	5	φ	25	+	0	φ	14	0.14	641.52	769.83	715.00	5.05	753.55	OK

**Tabla 54: Diseño a cortante del cuerpo del estribo**

Posición	Vu (N)	dv(mm)	ex * 1000	sx (mm)	sxe (mm)	β	θ	Vc (N)	Vn1 (N)	Vn2 (N)	φVn (N)	
Cuerpo	0	753.75	1.49	200.00	305	2.27	34.20	695505	695505	4522500	625954	OK

Se coloca la siguiente cantidad de acero:  $As = 24.54 \text{ cm}^2$  ,  $1\phi 25 \text{ mm @ } 20 \text{ cm}$

## DISEÑO DE LA ZAPATA

A continuación se presenta el diseño de la zapata del estribo por resistencia I.

**Tabla 55: Diseño a flexión de la zapata**

RESISTENCIA														
Posición	Mu (kN-m)	b (m)	h (m)	φ	r (m)	φv (mm)	dt (m)	R (Mpa)	φ req	As (cm2)				
Dedo	1000.00	1	0.8	0.9	0.1	25	0.6875	2.35	0.60%	41.00				
Talón	490.00	1	0.8	0.9	0.1	25	0.6875	1.15	0.28%	19.42				
ACERO MÍNIMO														
As (cm2)	ACERO SELECCIONADO						Sc (cm3)	Mcr (kN-m)	1.2*Mcr	1.3*Mu	a (cm)	φMn (kN-m)	Criterio	
43.55	5	φ	25	+	5	φ	22	0.11	506.88	608.26	1300.00	8.97	1057.96	OK
24.54	5	φ	25	+	0	φ	14	0.11	506.88	608.26	637.00	5.05	614.39	OK

**Tabla 56: Diseño a cortante de la zapata**

Posición	Vu (N)	dv(mm)	ex * 1000	sx (mm)	sxe (mm)	β	θ	Vc (N)	Vn1 (N)	Vn2 (N)	φVn (N)	
Dedo	296409	618.75	2.20	200.00	305	1.81	36.69	456186	456186	3712500	410567	OK
Talón	135440	618.75	1.89	200.00	305	1.99	35.61	499591	499591	3712500	449632	OK

Se coloca la siguiente cantidad de acero para el dedo:  $As = 24.54 \text{ cm}^2$  ,  $1\phi 25 \text{ mm @ } 20 \text{ cm} + 1\phi 22 \text{ mm @ } 20 \text{ cm}$

Se coloca la siguiente cantidad de acero para el talón:  $As = 24.54 \text{ cm}^2$  ,  $1\phi 25 \text{ mm @ } 20 \text{ cm}$

## Diseño Pilotes

Del reporte geotécnico se tiene que la capacidad de un pilote de acero de 15m de profundidad es de 53 Tonf. Con base en este resultado se tiene que la fila delantera debe tener 8 pilotes y para la fila trasera, se adoptan 8 pilotes. La ilustración 21 y 22 muestra

las cargas en los pilotes y se puede ver que no exceden 51.5 Tonf por lo que el diseño pasa.

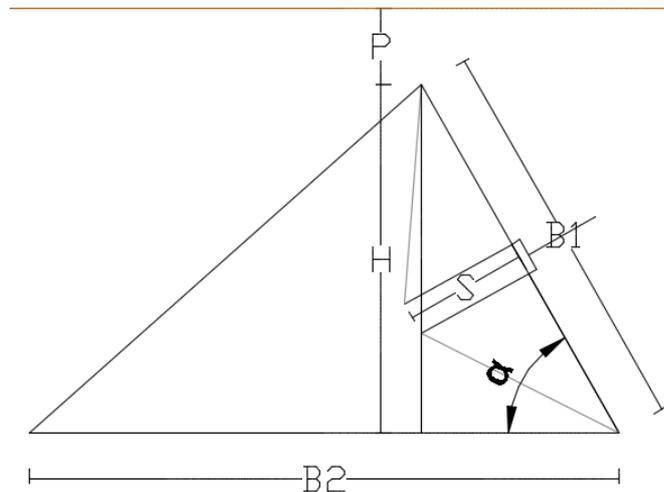
### Diseño del muerto

En cada una de los extremos de los cables tensores que soportan el puente se encuentra ubicado un bloque de hormigón de forma trapezoidal al cual se anclan estos cables. El diseño de este elemento depende únicamente del peso propio del hormigón así como también de la resistencia por adherencia y arrancamiento a la tensión del cable. Cada cable será conectado a un muerto independiente para permitir el paso de una vía más amplia hasta la base del puente y soportar las grandes tensiones en los cables.

### Diseño por Carga

El peso del bloque de anclaje debe contrarrestar la componente vertical de la tensión en los cables, adicionalmente a esto la componente horizontal podrá ser contrarrestada por fricción en la base así como también por la resistencia que provee el suelo.

**Ilustración 49:** *Bloque de anclaje*



$$\begin{aligned} B1 &= 4.1 \text{ m} \\ B2 &= 4 \text{ m} \\ \alpha &= 60.66 \\ D &= 4.1 \text{ m} \\ P &= 0 \text{ m} \\ S &= 1.25 \text{ m} \end{aligned}$$

La carga sobre el anclaje es de:

$$P_y = 85 \text{ Tonf}$$

$$P_x = 170 \text{ Tonf}$$

$$P = \sqrt{85^2 + 170^2} = 190.06 \text{ Tonf}$$

La resistencia vertical se puede calcular en base al peso del hormigón más el peso de la tierra sobre el elemento. Para esto hay que calcular el volumen de hormigón.

$$H = B1 \sin(\alpha) = (4.1) \sin(60.66) = 3.57m$$

$$V = \frac{B2 * H * D}{2} = 29.307$$

$$W = V * \rho = 29.307 * 2.4 = 70.33 \text{ Tonf}$$

El peso del suelo se calcula en base al volumen de suelo

$$B2_2 = B1 \cos(\alpha) = (4.1) \cos(60.66) = 2.009 \text{ m}$$

$$W_s = \frac{(H + P + P) (B2 - B2_2) * D}{2} * \rho_s$$

$$W_s = \frac{(3.57 + 0 + 0) * (4 - 2.009) * 4.1}{2} * 1.9 = 27.72 \text{ Tonf}$$

$$(W + W_s)\phi = (70.33 + 27.72) * 0.9 = 88.25 \text{ tonf}$$

$$(W + W_s)\phi > P_y$$

**OK, cumple**

La resistencia a la componente horizontal se calcula en base al área de contacto vertical gracias a la resistencia que provee el suelo. La siguiente tabla muestra el cálculo de la resistencia del suelo.

**Ilustración 50:** Resistencia de la tierra

Empuje lateral de la tierra		
$\phi$	$\gamma_s$ (Tonf/m <sup>3</sup> )	
30	1.9	
Ka	Kp	
0.333333333	3	
Coeficiente de fricción		0.45

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$W_{sx} = A^2 \rho * K_p$$

$$W_{sx} = (3.57 * 4.1)^2 * 1.9 * 3 = 1221.17 \text{ Tonf}$$

$$W_{sx} \phi > P_x$$

$$1101.58 \text{ Tonf} > 170 \text{ Tonf}$$

**OK, cumple**

Diseño por Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción de las varillas fundidas del anclaje se termina en base al área transversal

$$A = \pi \left( \frac{\phi}{2} \right)^2 = \pi \left( \frac{38.1}{2} \right)^2 = 1140.09 \text{ mm}^2 = 1.767 \text{ in}^2$$

$$\phi N_s = n * A * f_{tu} * \phi = 4 * 1.767 * 60000 * 0.4 = 254448 \text{ lb} = 254.48 \text{ kips}$$

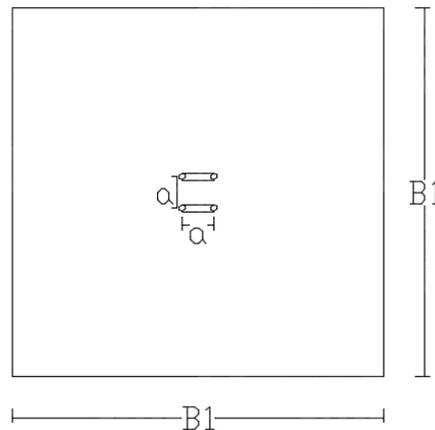
$$\phi N_s > N_u$$

**OK, cumple**

Diseño por Desprendimiento

La tracción en el anclaje puede causar un desprendimiento de hormigón para chequear este modo de falla se considera un cono de fisura alrededor de cada apoyo.

**Ilustración 51:** Superficie de anclaje



$$A_n = B1 * B1 = 16.81 \text{ m}^2$$

$$A_{N0} = 9h_{ef}^2 = 9(1.25)^2 = 14.06$$

$$A_n < nA_{N0}$$

OK, cumple

$$\psi_2 = \min\left(0.7 + 0.3\left(\frac{c}{1.5 h_{ef}}\right), 1\right)$$

$$N_b = k\sqrt{f'c} h_{ef}^{1.5} = 24 * \sqrt{4000} * (1250 * 0.039)^{1.5} = 516.65 \text{ kips}$$

$$\phi N_{cbg} = \phi \left(\frac{A_n}{A_{N0}}\right) \psi_1 \psi_2 \psi_3 N_b = 0.7 \left(\frac{16.81}{14.06}\right) (1)(1)(1)(516.65) = 432.32 \text{ kips}$$

$$\phi N_{cbg} > N_u$$

OK, cumple

## Diseño por Arrancamiento

La resistencia por arrancamiento depende de la adherencia de los elementos al hormigón. Dado que la adherencia por sí sola no es suficiente en este caso ya que las cargas aplicadas son altas se procede considerar una placa de 35 \* 35 cm en el final de las varillas de manera que resista el arrancamiento.

$$a = 0.35 \text{ m}$$

$$N_p = A8f'c = (0.35 * 39.37)^2 * 8 * 4000 = 6076 \text{ kips}$$

$$\phi N_{pn} = \phi \psi_4 n N_p = 0.7(1)(1)(6076) = 4253.2 \text{ kips}$$

$$\phi N_{pn} > N_u$$

OK, cumple

## Diseño por Cortante

La conexión del cable a la placa superior genera una fuerza cortante de la misma magnitud que la tensión del cable. La conexión ocurre mediante una placa de 3 cm de espesor con un alto de 25 cm

$$x = 30 \text{ mm}$$

$$y = 50 \text{ mm}$$

$$\phi V_n = \phi n 0.6 A_{se} f_{tu} = (0.65)(1)(0.6)(30 * 50)(1.55 * 10^{-3})(50763) = 230.15 \text{ kips}$$

$$\phi V_n > V_u$$

OK, cumple

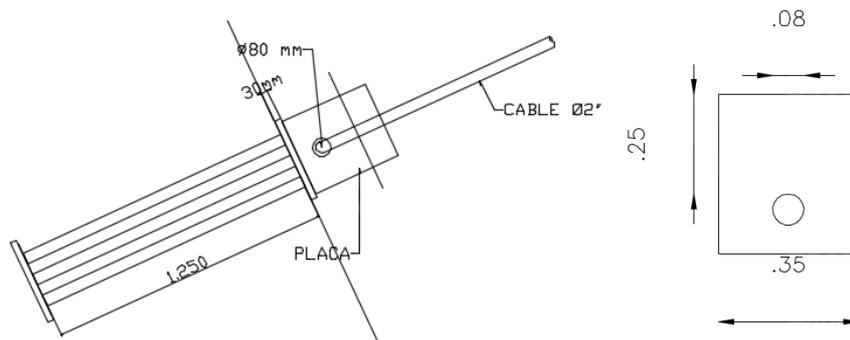
## ELEMENTOS ADICIONALES

Como parte del diseño se requiere una serie de elementos secundarios para poder conectar, tesar y asegurar tanto el cable principal como las péndolas que sostienen el tablero. Para el tesado del cable se usará un gato luego de lo cual mediante grapas se fijará

el cable a los bloques de hormigón mediante placas metálicas. Los siguientes materiales se necesitan para el tensado de los cables y la colocación de las péndolas.

Las placas de conexión entre los cables y los anclajes transmiten las cargas de tensión del cable al hormigón. La placa está conectada a 6 varillas de 28 mm de diámetro las cuales están conectadas a una placa dentro del hormigón para resistir el arrancamiento.

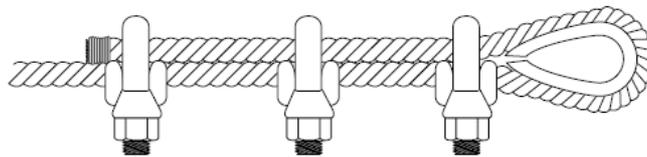
**Ilustración 52: Placa de conexión**



La placa es de 30mm tanto sobre la superficie como dentro del hormigón. Ambas placas son de 35\*35 cm.

Para mantener la tensión en los cables principales se utilizan 5 grapas de 2'' así como también guardacabos del mismo diámetro. La figura a continuación muestra el sistema.

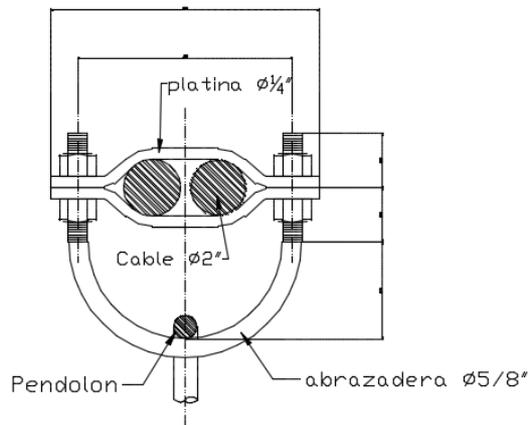
**Ilustración 53: Conexión cables**



Adicionalmente a esto se utilizan grapas cada 3 metros para mantener los cables juntos para la sección entre el anclaje y las torres en cada lado.

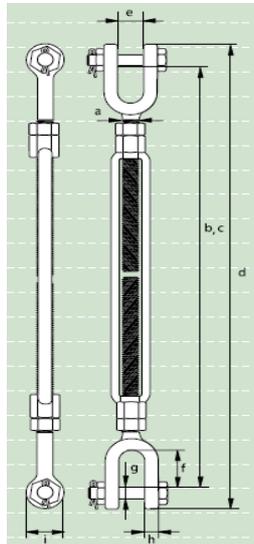
La conexión entre los cables principales y las péndolas se realiza mediante placas unidas a pernos a lo cual se conecta la péndola. La siguiente figura muestra esta conexión

**Ilustración 54:** Placa de conexión péndolas



La conexión de la péndola con las vigas que sostienen el tablero se realiza mediante tensores con terminales tipo quijada de 1" de diámetro y con un recorrido de 18". La siguiente figura muestra el tensor de conexión y la tabla muestra las dimensiones y capacidad de carga del mismo.

**Ilustración 55:** Placa de conexión péndolas

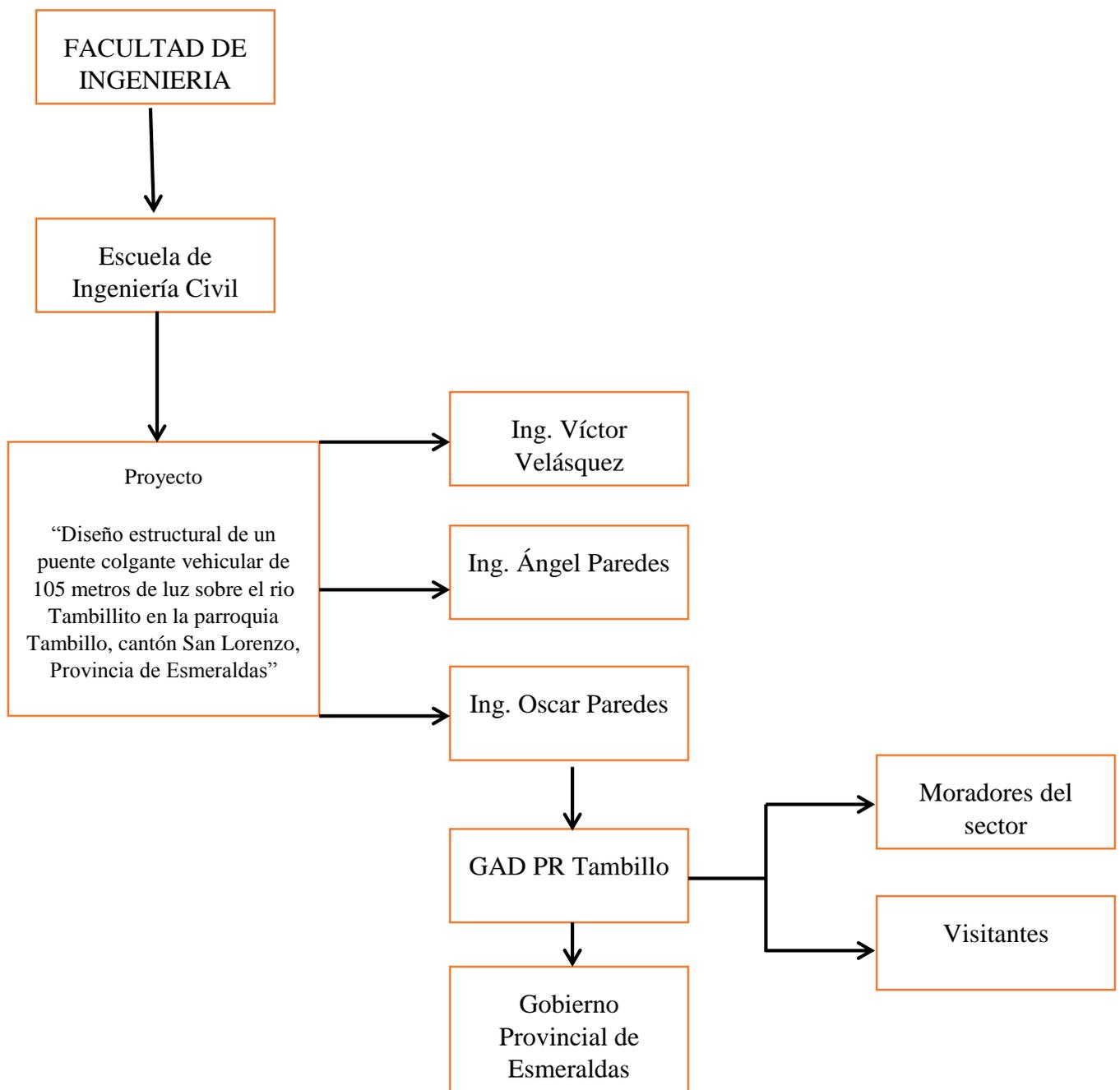


**Tabla 57:** Tensores

Carga (t)	a (in)	Recorrido	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	g (mm)	h (mm)	i (mm)	Peso (kg)
4.61	1	18	750	1164	835	30	50	22	20	55	8.4

## 8.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL

La ejecución del proyecto construcción de un puente colgante sobre el río Tambillito, en la parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo; desarrollado en esta investigación, se podrá llevar a cabo con la participación financiera del GAD PR Tambillo y el Gobierno Provincial de Esmeraldas, quienes tendrán la responsabilidad de gestionar y financiar este proyecto cuyos beneficiarios serán los moradores y visitantes del sector; coadyuvando con este a un mayor desarrollo y progreso de la comunidad; al facilitar el transporte y movilidad de los usuarios y sus productos.



## **8.7. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA**

El factor movilidad en una comunidad es indispensable más aún cuando existen obstáculos naturales como ríos, quebradas, lagunas, entre otros que salvar; en tal razón la construcción de un puente de las características y condiciones expuestas anteriormente es de importancia manifiesta para la ejecución de las actividades económicas y de movilidad existentes en este importante sector de la provincia.

Por tal razón y por las condiciones geográficas existentes impera la necesidad de la ejecución del diseño estructural de un puente colgante vehicular de 105 metros de luz sobre el río Tambillito en la parroquia Tambillo, cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas.

Con la contribución del GAD PR Tambillo y el Gobierno Provincial de Esmeraldas se pretende ejecutar esta obra en virtud de que existen necesidades importantes pendientes de satisfacer para mejorar el buen vivir comunitario.

## **8.8. CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA**

- De conformidad con los datos obtenidos en los diagramas de cortante y momentos se estableció las secciones óptimas de cada uno de los elementos con la finalidad de que cumplan su función de manera adecuada.
- Finalizada la modelación del puente se pudo visualizar el comportamiento del mismo al momento de aplicar las cargas vivas y muertas; verificando con esta información el cumplimiento de los requerimientos para lo cual fue diseñado .

## CAPITULO IX

### 9. BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (2007). AASHTO LRFD BRIDGE American Association of State Highway and Transportation officials.
- AASHTO. (2010). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications .
- AASHTO. (2012). AASHTO LRFD BRIDGE American Association of State Highway and Transportation oficiales.
- Manzano Suárez, M. E., & Pérez Nolvos, R. P. (Julio de 2012). Análisis y diseño de un puente atirantado ubicado en la provincia de Esmeraldas sobre el rio Atacames. Quito, Pichincha, Ecuador .
- Moreno, J. M. (Marzo de 2015). Nuevas Metodologías para el Diseño de Puentes Aplicado al Portico de Acero con Columnas Inclinadas del Puente Gualo. Quito, Quito, Ecuador.
- NEVI-12-MTOP, N. E. (2012). Volumen N°2- Libro de Normas para Estudios y Diseño Vial.
- TESIS Núñez Escobar , J. A. (2014). Comportamiento y seguridad estructural de puentes vehiculares mediante el análisis y comparación del diseño por factores de carga y resistencia versus el diseño por esfuerzos permisibles. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- TESIS Pabon, S. P. (14 de Agosto de 2014). Evaluación de la Condición del Puente Bucay Construido en Volados Sucesivos con Seccion Cajón de Hormigón Presforzado. Quito, Quito, Ecuador.

## CAPITULO X

### 10. ANEXOS

#### ANEXO 1

✚ Acceso al sitio donde se ejecutará el proyecto



Acceso sur al sitio propuesto para la ejecución del proyecto



Cruce de tubería de agua potable en el al sitio propuesto para la ejecución del proyecto

✚ Estudio Topográfico



✚ Estudio de suelo



Perforación SPT



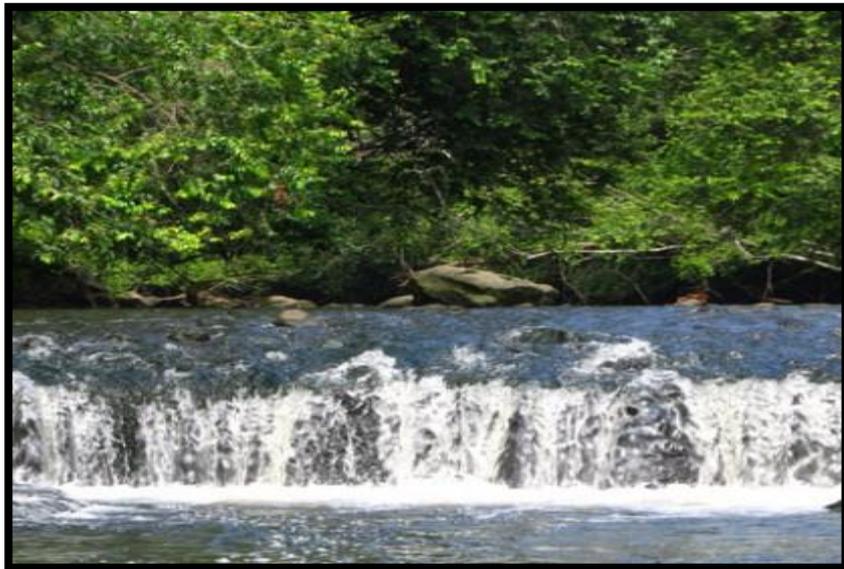
Recuperación muestra perforación SPT



Calicata para CBR, SUCS y ensayo DCP

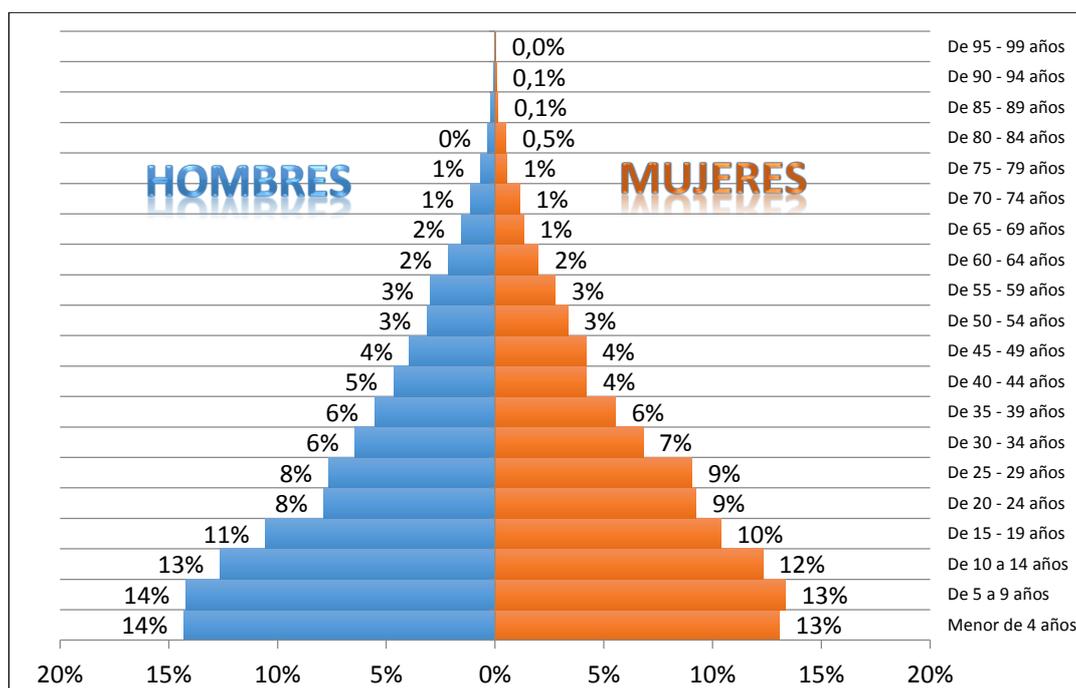


Ensayo DCP



Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje / Sector San Lorenzo

## ANEXO 2 Pirámide de distribución poblacional en la parroquia Tambillo



Fuente: INEC, 2010.

## ANEXO 3: Distribución de la población según auto identificación étnica de la zona directamente beneficiada.

Autoidentificación	# Personas	Porcentaje
Indígena	164	0,70%
Afroecuatoriano/a	10.853	43,90%
Negro/a	6.225	25,20%
Mulato/a	2.291	9,30%
Montubio/a	127	0,50%
Mestizo/a	4.378	17,70%
Blanco/a	612	2,50%
Otro/a	64	0,30%
<b>TOTAL</b>	<b>24.714</b>	<b>100%</b>

Fuente: INEC, 2010

ANEXO 4: Modelo de la encuesta



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

1. **¿Cree usted que es importante la construcción de un puente sobre el rio Tambillito?**

SI ( )

NO ( )

2. **¿Señale usted el ámbito que crea que es más importante para la construcción de un puente sobre el rio Tambillito?**

Movilidad

Comercial

Turístico

3. **¿Indique que beneficios obtendría la comunidad con la construcción de un puente sobre el rio Tambillito?**

Movilidad

Económicos

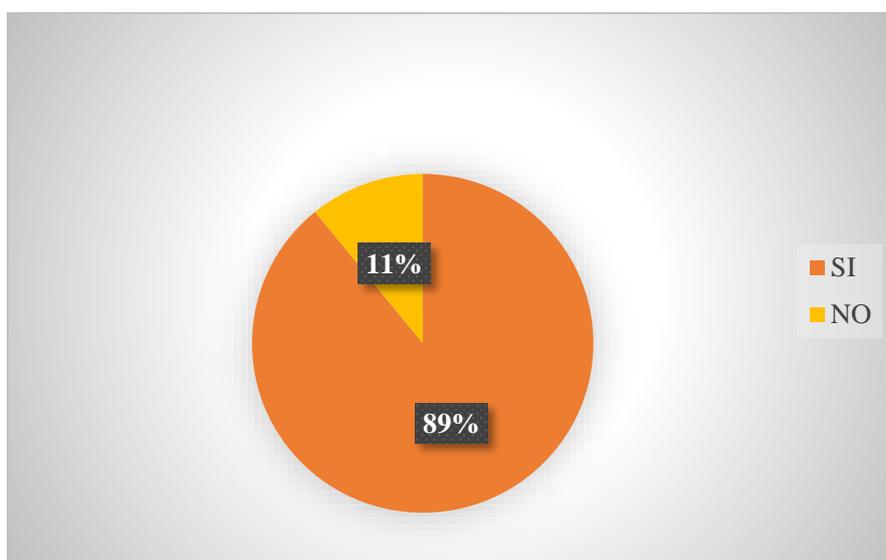
Casos Emergentes

(Terremotos, crecientes y de salud)

## ANEXO 5: Tabulación y análisis de la encuesta

### 1. ¿Cree usted que es importante la construcción de un puente sobre el rio Tambillito?

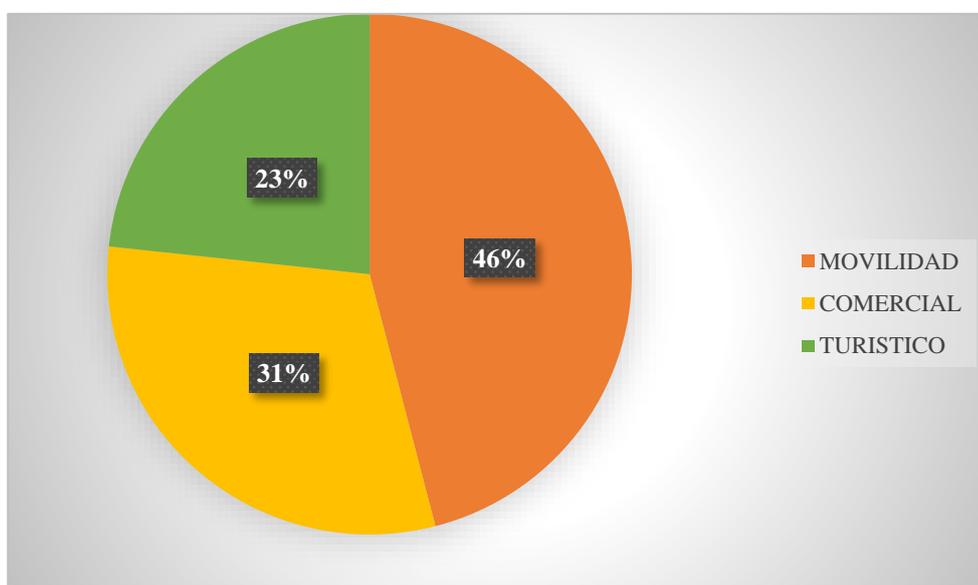
Opción	Frecuencia	%
Si	287	89,13
No	35	10,87
<b>TOTAL</b>	<b>322</b>	<b>100,00</b>



**Análisis:** Como resultado del gráfico que antecede se establece que la mayoría de los encuestados se pronunció positivamente por la opción de construir el puente sobre el río Tambillito en virtud de que este les generaría un gran beneficio de movilidad para el comercio y turismo que redundaría en mayores ingresos económicos para la población; en tanto que una minoría se inclinó por lo contrario argumentando que disminuiría la posibilidad de trabajo para el cruce en canoa.

2. ¿Señale usted el ámbito que crea que es más importante para la construcción de un puente sobre el río Tambillito?

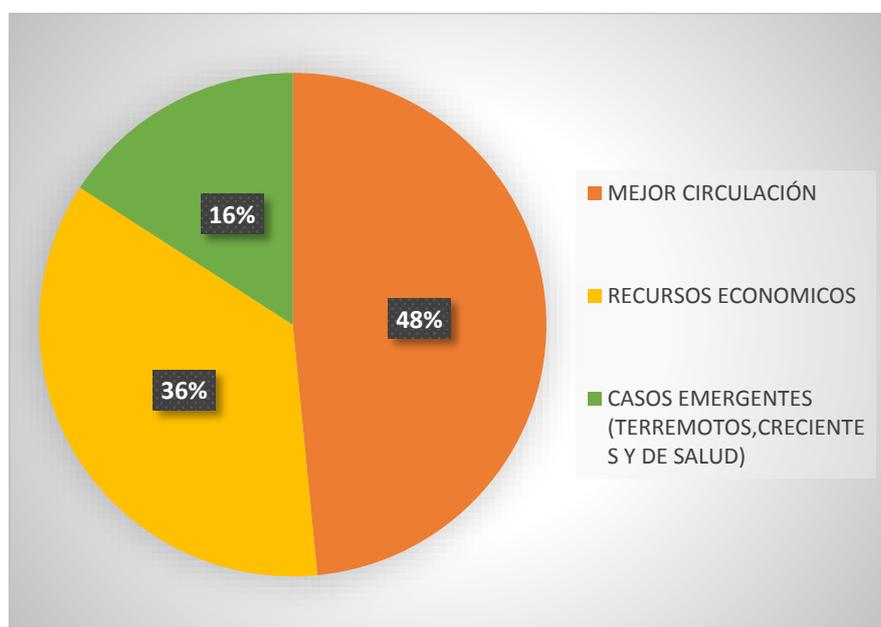
Opción	Frecuencia	%
Movilidad	148	45,96
Comercial	99	30,75
Turístico	75	23,29
<b>TOTAL</b>	<b>322</b>	<b>100,00</b>



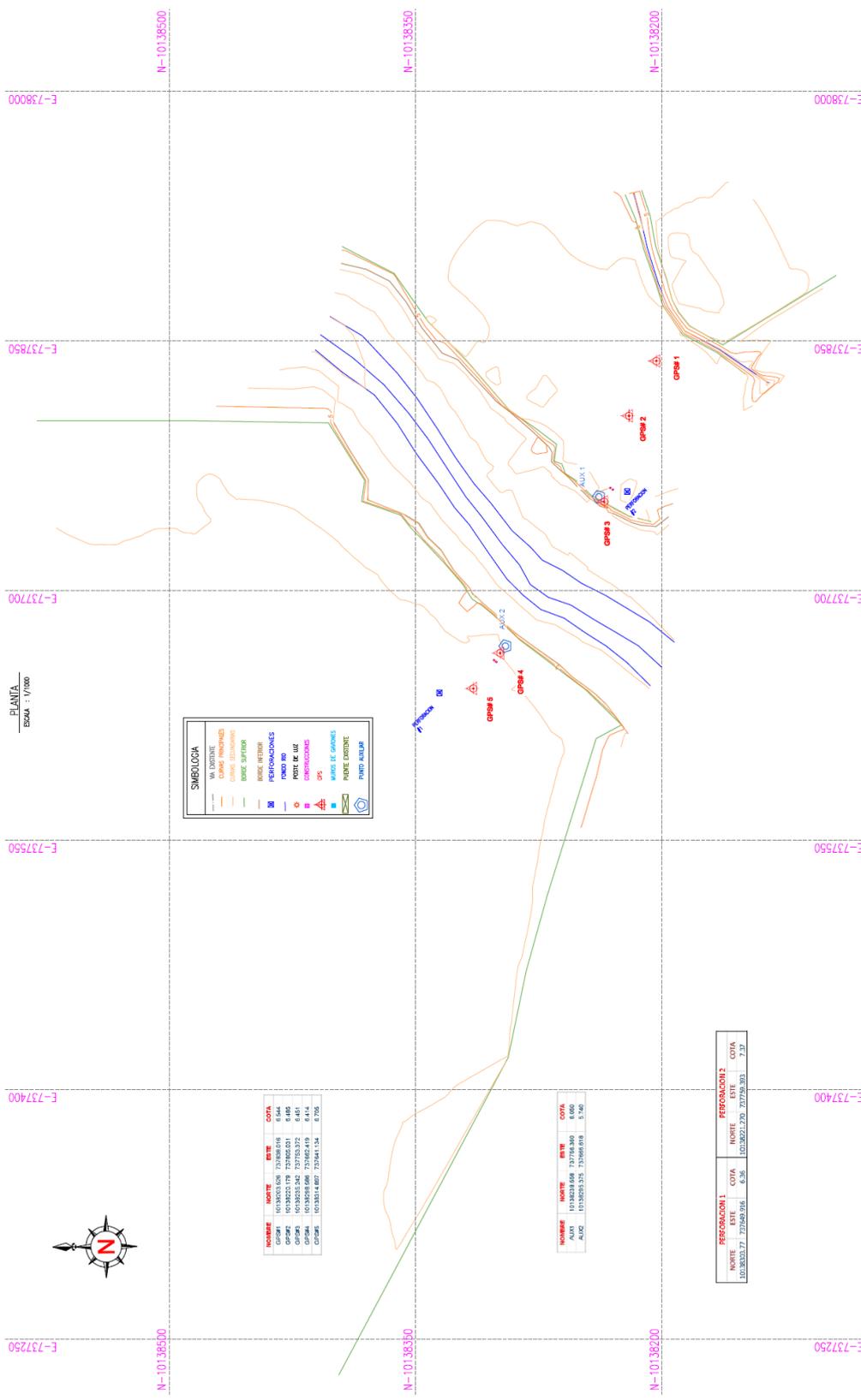
**Análisis:** De los resultados del gráfico anterior se desprende que el mayor porcentaje de los encuestados se inclinó por la opción de la movilidad; en virtud de que según ellos a más de la agilidad y seguridad en el cruce del río se evitarían el pago del cruce en canoa; la siguiente opción ocupa el segundo lugar quienes argumentaron que beneficia directamente a sus ingresos económicos como productores de la zona facilitando notablemente la comercialización de sus productos; y la última opción se inclinó en menor porcentaje por la opción turística considerando según su criterio que este facilitaría notablemente la movilidad y seguridad de los turistas que visitan la zona.

**3. ¿Indique que beneficios obtendría la comunidad con la construcción de un puente sobre el río Tambillito?**

Opción	Frecuencia	%
Mejor Circulación	156	48,45
Recursos económicos	115	35,71
Casos emergentes (terremotos, crecientes y de salud)	51	15,84
<b>TOTAL</b>	<b>322</b>	<b>100,00</b>



**Análisis:** Los resultados obtenidos en el gráfico que antecede demuestran que la mayoría se pronunció por la opción movilidad; habida cuenta que facilita notablemente el cruce de personas y vehículos de manera segura y rápida; ocupa el segundo lugar la opción recursos económicos esto tomando en consideración la facilidad para el transporte de carga de los productos agrícolas, ganaderos y pesqueros que se genera en la zona ; y en tercero y último lugar casos emergentes; esto en vista de que por las circunstancias en que vive la población los habitantes toman las precauciones necesarias para prevenir situaciones emergentes; sin embargo con el puente facilitaría la circulación de quienes en estos casos los requieren.



PLANTA  
ESCALA: 1/7500

**SIMBOLOGIA**

- VA EXISTENTE
- VA PROYECTADA
- CONTOUR
- BRINCO SUPLENTO
- BRINCO INTERIO
- PERFORACIONES
- PUNTO DE LUZ
- CONSTRUCCIONES
- EPS
- BRINCO DE CANTON
- PUNTO CENTRAL
- PUNTO AUXILIAR

NOMBRE	NORTE	ESTE	COTA
OPERA 1	10138253.026	737786.016	5.644
OPERA 2	10138253.542	737783.372	6.491
OPERA 3	10138253.896	737862.419	6.414
OPERA 4	10138254.487	737841.134	6.705

NOMBRE	NORTE	ESTE	COTA
AUX 1	10138253.698	737783.369	6.890
AUX 2	10138253.525	737668.618	5.790

PERFORACION 1				PERFORACION 2			
NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE
10138253.77	737749.976	6.38	10138251.270	737749.981	7.37		

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

BORIS GONZALEZ VIRGAS

---

**PROYECTO :** ESTUDIOS DE INGENIERIA Y CARGOS DEL PUENTE SOBRE EL RIO TABALITO DE LA PROVINCIA DE EMBAJUNAS

**ADMINISTRADOR :** \_\_\_\_\_

**PROYECTANTE :** \_\_\_\_\_

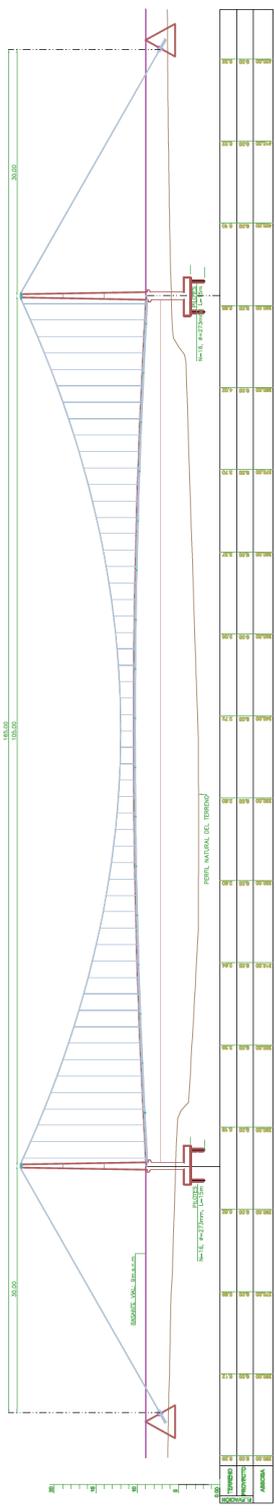
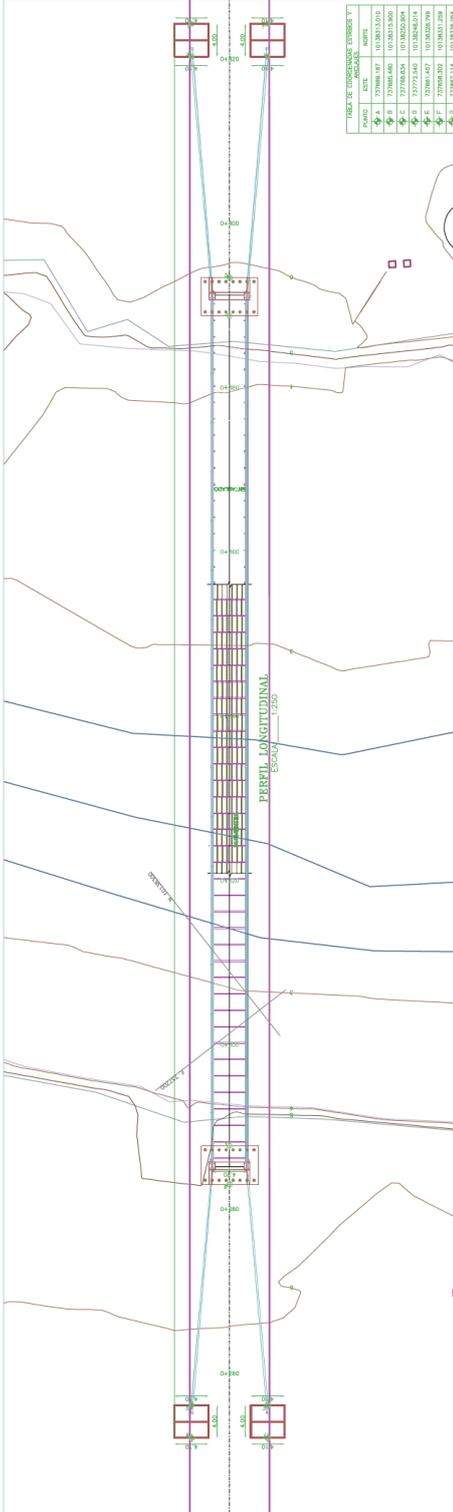
---

**CONTENIDO :** PLANO DE PROYECTO - PUENTE SOBRE EL RIO TABALITO

**ESCALA :** 1/7500      **FECHA :** DICIEMBRE/2016      **DESENHO :** BORIS GONZALEZ VIRGAS

**LAJUNA :** 1/1





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

BORIS GONZALEZ VARGAS

PROYECTO : ESTUDIOS DE INGENIERIA Y DISEÑO DETALLADO DEL PUENTE SOBRE EL CANTON LEON ALFARO EN LA PROVINCIA DE SANGAY

FECHA : DICIEMBRE/2016

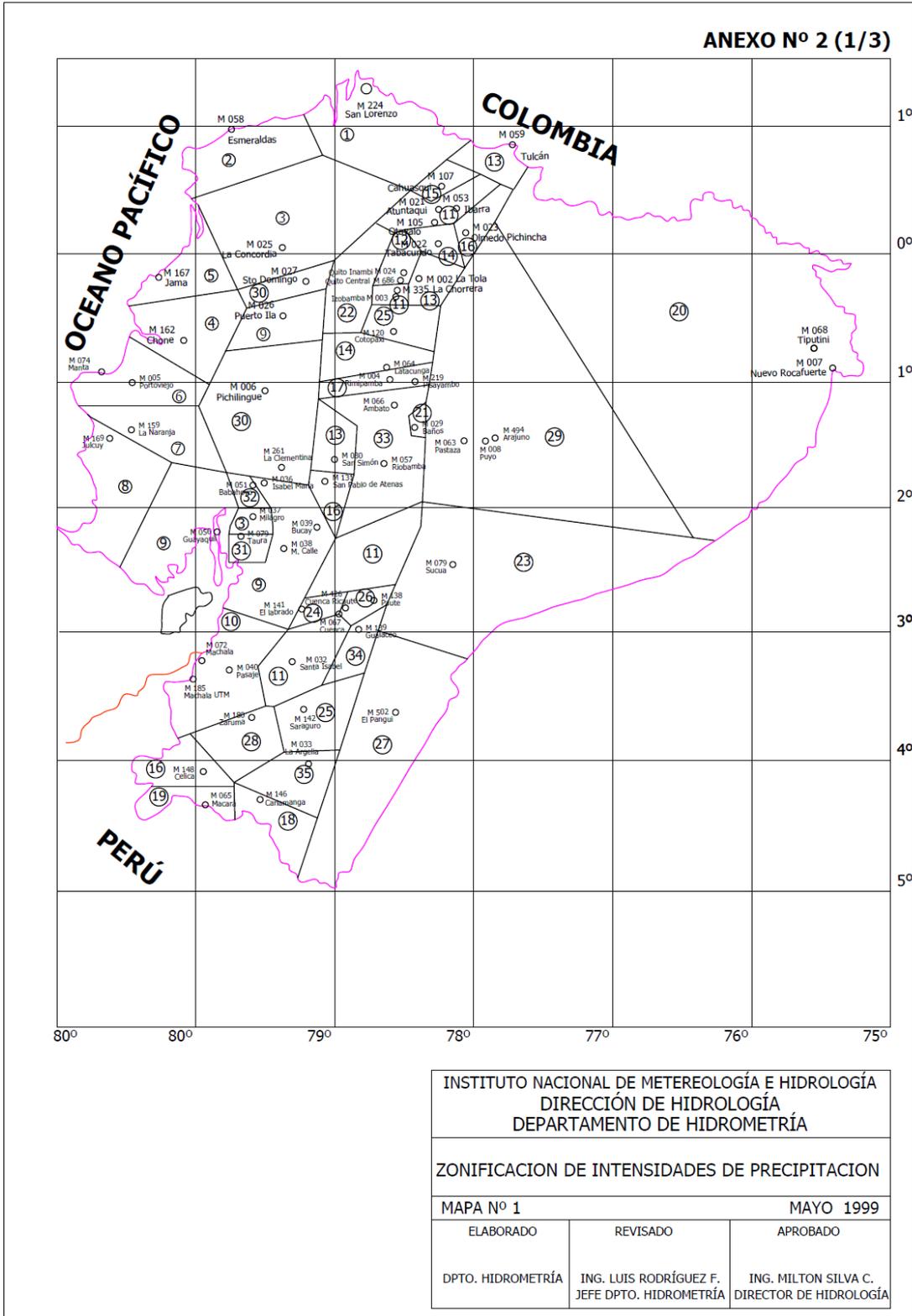
INDICADOR : BORIS GONZALEZ VARGAS

DISEÑO : BORIS GONZALEZ VARGAS

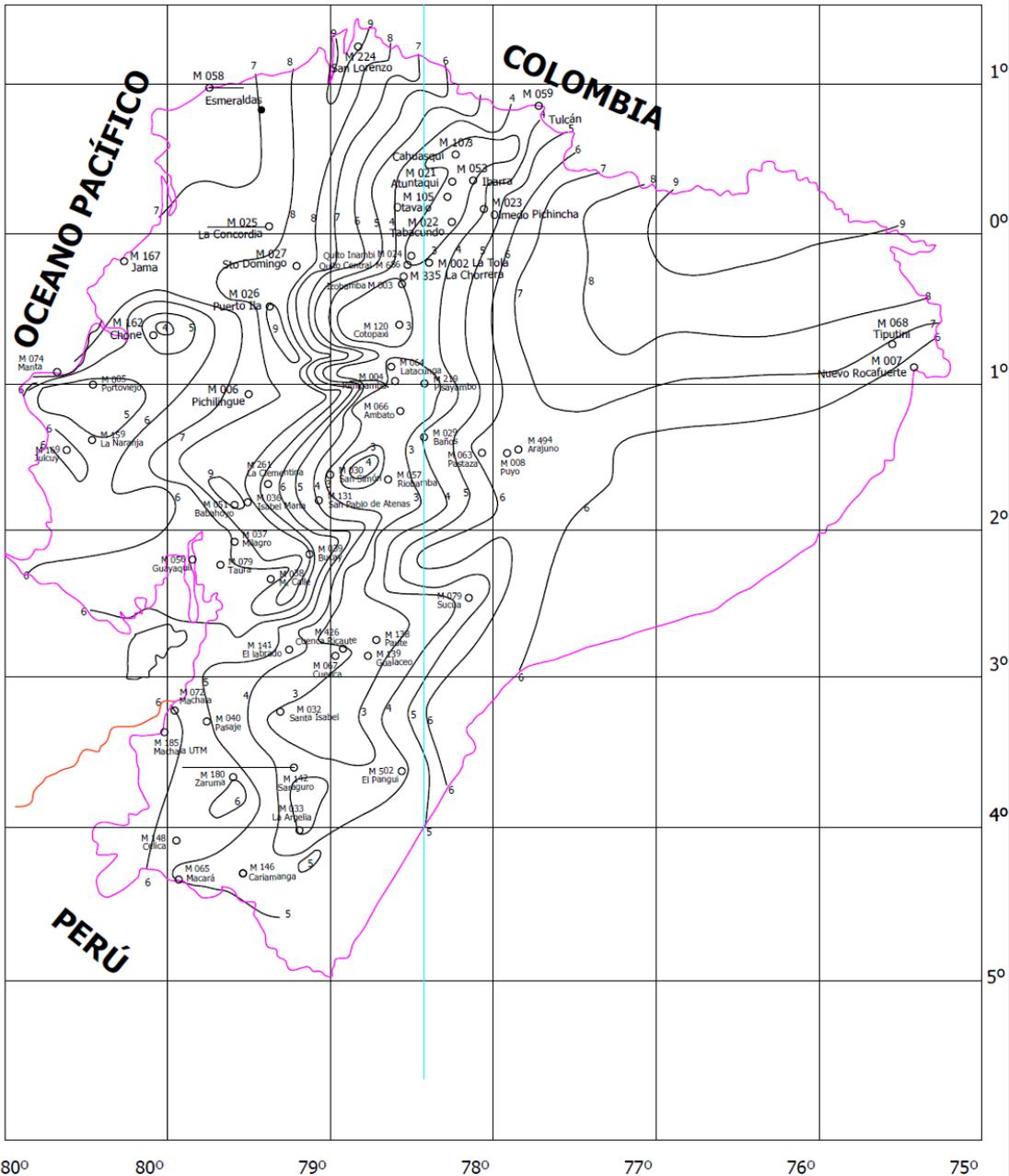
LÁMINA : 1/1



**ANEXO Nº 2 (1/3)**



**ANEXO N° 2 (2/3)**



<b>INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA</b>		
<b>DIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA</b>		
<b>DEPARTAMENTO DE HIDROMETRÍA</b>		
ISOLINEAS DE INTENSIDADES DE PRECIPITACIONES PARA VARIOS PERIODOS DE RETORNO EN FUNCIÓN DE LA MÁXIMA EN 24 HORAS REGISTRO DE INFORMACIÓN 1964 - 1998 TR = 50 AÑOS		
<b>MAPA N° 5</b>		<b>MAYO 1999</b>
ELABORADO	REVISADO	APROBADO
DPTO. HIDROMETRÍA	ING. LUIS RODRÍGUEZ F. JEFE DPTO. HIDROMETRÍA	ING. MILTON SILVA C. DIRECTOR DE HIDROLOGÍA

