



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**“EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE UNA ALCANTARILLA DE  
HORMIGÓN ARMADO-DUCTO CAJÓN, EN EL BARRIO BELLAVISTA  
DEL CANTÓN LA TRONCAL”**

**TUTOR**

**Ing. PABLO PAREDES MG**

**AUTOR**

**LUIS ALFREDO GUALPA CHACÓN**

**GUAYAQUIL**

**2018**

<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> “Evaluación y rediseño de una alcantarilla de hormigón armado-ducto cajón, en el barrio bellavista del cantón la troncal”	
<b>AUTOR/ES:</b>  Gualpa Chacón Luis Alfredo	<b>REVISORES O TUTORES:</b>  Ing. Civil Paredes Ramos Pablo Mario MG
<b>INSTITUCIÓN:</b>  Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b>  Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b>  Ingeniería, Industria y Construcción	<b>CARRERA:</b>  Ingeniería Civil
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>  2018	<b>N. DE PAGS:</b>  170
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b>  Ducto cajón, diseño hidráulico, hormigón armado, caudal, pendiente, alcantarilla, vida útil, rugosidad, velocidades de diseño, nivel freático. sismo-resistente, acero de refuerzo	
<b>RESUMEN:</b>  El siguiente proyecto tiene como finalidad de reducir o más bien mitigar daños materiales ocasionados por las lluvias fuertes tanto a infraestructuras pública como privada, así también evitar pérdidas humanas, por otra parte será de gran importancia porque contribuirá con el medio ambiente conduciendo aguas de precipitaciones evitando la contaminación con desechos sólidos. Comprende un tramo de 140 m de longitud que	

mejorara en 100% la calidad de los habitantes y de todos aquellos que transiten por el sector, su objetivo principal es conducir el caudal para el cual fue diseñado, manteniendo velocidades mínimas de auto limpieza y máxima que eviten el deterioro de la estructura con las acciones mecánicas del agua, el diseño estructural cumplirá con las normas establecidas y vigentes para así cumplir con la vida útil del elemento, finalmente el proyecto planteado puede establecer un mejor estilo de vida y prosperidad.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>
---	-----------------------------

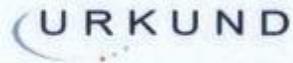
**DIRECCIÓN URL (tesis en la web):**

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Gualpa Chacón Luis Alfredo	<b>Teléfono:</b> 0980795624	<b>E-mail:</b> luis_gualpa86@hotmail.com
---	--------------------------------	---

<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Ing. Alex Salvatierra Espinoza, Decano <b>Teléfono:</b> 2596500 <b>Ext.</b> 213 <b>E-mail:</b> asalvatierrae@ulvr.edu.ec
------------------------------------	--

## CERTIFICADO DE SIMILITUDES



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: T DUCTO CAJON - Corrección final.docx (D41143728)  
Submitted: 9/5/2018 2:44:00 AM  
Submitted By: pparedesr@ulvr.edu.ec  
Significance: 7 %

#### Sources included in the report:

TESIS 1.docx (D29546345)  
[http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0360000660001\\_FINAL\\_16-03-2015\\_23-58-17.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0360000660001_FINAL_16-03-2015_23-58-17.pdf)  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/1535/1/T-ULVR-1293.pdf>  
[https://archive.org/stream/ec.cpe.5.9.1.1992/ec.cpe.5.9.1.1992\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/ec.cpe.5.9.1.1992/ec.cpe.5.9.1.1992_djvu.txt)  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3765/6/UPS-ST000901.pdf>  
<https://docplayer.es/7629836-Norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-nec-se-hm-estructuras-de-hormigon-armado.html>  
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-1-VIVIENDAS-DE-HASTA-2-PISOS.pdf>  
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-2-HORMIGON-ARMADO.pdf>  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Troncal](https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Troncal)

#### Instances where selected sources appear:

40

Firma: 

Ing. Civil PABLO MARIO PAREDES RAMOS MG

C.I. # 0911828150

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los/as estudiantes/egresados/as Luis Alfredo Gualpa Chacón, declaro (amos) bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/as suscritos/as y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar “Evaluación y rediseño de una alcantarilla de hormigón armado-ducto cajón, en el barrio bellavista del cantón la troncal”

Autor(es)

Firma:



LUIS ALFREDO GUALPA CHACÓN

C.I. # 0924186471

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación “EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE UNA ALCANTARILLA DE HORMIGÓN ARMADO-DUCTO CAJÓN, EN EL BARRIO BELLAVISTA DEL CANTÓN LA TRONCAL”, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE UNA ALCANTARILLA DE HORMIGÓN ARMADO-DUCTO CAJÓN, EN EL BARRIO BELLAVISTA DEL CANTÓN LA TRONCAL”, presentado por el estudiante **LUIS ALFREDO GUALPA CHACÓN** como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL encontrándose apto para su sustentación.

Firma: -----

Ing. Civil PABLO MARIO PAREDES RAMOS MG

C.I. # 0911828150

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar primeramente mi gratitud a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos duros, difíciles y de debilidad, ya que gracias a él nunca desmaye en los momentos más duros de mi preparación académica.

Gracias a mis padres: Luis y Martha, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanos Mónica y Mirella por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Agradezco a aquellos docentes de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al Ing. Civil Pablo paredes Ramos MG tutor del proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

A todos, muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y carne fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanas por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

A mi tutor quien con su conocimiento y su amplia experiencia me guio para así poder cumplir mi meta.

## INDICE GENERAL

Contenido	
1 CAPÍTULO.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.5 OBJETIVO GENERAL .....	4
1.6 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	4
1.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.8 DELIMITACIÓN O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.9 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN O IDEAS A DEFENDER.....	6
2 CAPITULO.....	7
2.1 MARCO TEÓRICO .....	7
2.2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	7
2.2.1 EMPRESA PÚBLICA Y PRIVADA.....	7
2.2.2 CÓDIGOS, NORMAS, REGLAMENTOS, REQUISITOS Y GUÍAS.....	7
2.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	9
2.4 DUCTO CAJÓN.....	21
2.5 CRITERIOS DE DISEÑO DE UN DUCTO CAJÓN.....	23

2.6	GEOMETRÍA HIDRÁULICA DE LOS RÍOS.....	23
2.7	IMPORTANCIA DE LA URBANIZACIÓN PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO .	25
2.8	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	26
2.9	BASES DE DISEÑO.....	26
2.9.1	PERIODO DE DISEÑO.....	26
2.9.2	AREAS TRIBUTARIAS .....	27
2.9.3	CAUDAL DE DISEÑO .....	28
2.9.4	VELOCIDADES DE DISEÑO.....	35
2.10	DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN DUCTO CAJÓN .....	37
2.10.1	MATERIALES.....	37
2.10.2	DURABILIDAD DEL HORMIGÓN.....	38
2.10.3	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	38
2.10.4	RESISTENCIA A LA FLUENCIA.....	39
2.11	DISEÑO DE LOSAS PUENTE SEGÚN AASHTO LRFD 2014.....	39
2.11.1	LÍMITES DE DISEÑO .....	40
2.11.2	ANCHOS EQUIVALENTES DE FAJA PARA PUENTES TIPO LOSA CON ARMADURA PRINCIPAL PARALELA AL TRÁFICO .....	40
2.11.3	ARMADURA DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA .....	41
2.11.4	ARMADURA DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA .....	41
2.11.5	LIMITES PARA EL REFUERZO .....	42

2.11.6	FACTORES DE RESISTENCIA .....	43
2.11.7	RECUBRIMIENTOS .....	43
2.11.8	SEPARACION DE LAS BARRAS .....	44
2.11.9	CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN (EC). 45	
2.11.10	CALIDAD DEL CONCRETO .....	46
2.11.11	REQUISITOS DE RESISTENCIA .....	47
2.11.12	ACERO DE refuerzo .....	47
2.11.13	CORTE Y DOBLEZ .....	49
2.11.14	EMPALMES DE VARILLAS .....	49
2.11.15	PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA DE DISEÑO .....	52
2.11.16	CARGAS QUE ACTUAN EN UNA ESTRUCTURA.....	53
2.12	REACCIÓN DEL SUELO .....	55
2.13	EL SUELO COMO ELEMENTO PORTANTE DE LAS CIMENTACIONES....	55
2.14	TEORIA DE RANKINI.....	56
2.14.1	CÁLCULO DE LOS EMPUJES DEL TERRENO.....	57
2.15	DISEÑO SISMO RESISTENTE .....	58
2.15.1	BASES DE DISEÑO.....	59
2.16	ESTUDIO DE SUELO .....	77
2.16.1	JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	78
2.16.2	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	78

2.16.3	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO .....	78
2.16.4	MÉTODOS PERMITIDOS PARA LA EXPLORACIÓN DE CAMPO .....	79
2.16.5	COTAS DEL TERRENO .....	87
2.17	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE SUMIDERO .....	87
2.17.1	MÉTODO DE CÁLCULO DEL SUMIDERO DE VENTANA NORMALIZADO.....	88
2.18	CUNETAS Y SUMIDEROS .....	88
3	CAPITULO.....	93
3.1	DESCRIPCIÓN DEL SITIO .....	93
3.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN.....	93
3.3	CLIMA .....	94
3.4	POBLACIÓN .....	95
3.5	HISTORIA.....	96
3.6	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	96
3.7	MARCO METODOLÓGICO .....	97
3.8	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	98
3.9	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	98
3.10	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	98
3.11	SOLUCIÓN .....	98
4	CAPITULO.....	100

4.1	DISEÑO DE DUCTO CAJÓN EN ESTUDIO .....	100
4.2	DISEÑO HIDRAULICO.....	100
4.2.1	CÁLCULO MÉTODO RACIONAL .....	103
4.2.2	CÁLCULO DE VELOCIDAD DE FLUJO FÓRMULA DE MANNING.....	103
4.2.3	CÁLCULO DE CAUDAL EXISTENTE SEGÚN LA FORMULA DE BERNOULLI.....	103
4.2.4	CAUDAL TOTAL DE DISEÑO .....	103
4.2.5	TANTEO DE SECCIONES PARA DISEÑO HIDRÁULICO.....	104
4.2.6	TANTEO ANCHO Y ALTURA INCLUIDO SU RESGUARDO.....	105
4.3	ESTUDIO DE SUELO.....	106
4.4	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	109
4.4.1	PERALTE MÍNIMO PARA LOSA TIPO PUENTE .....	110
4.4.2	CARGA MUERTA DC EN LA ALCANTARILLA (para 1m) .....	110
4.4.3	CÁLCULO DE LOS EMPUJES DEL TERRENO .....	116
4.4.4	DISEÑO DE ALCANTARILLADO DUCTO CAJÓN UTILIZANDO SAP 2000 120	
4.4.5	RESULTADO DE DIAGRAMAS DE ENVOLVENTES .....	122
4.4.6	CÁLCULO DEL ACERO.....	126
4.5	DISEÑO DE SUMIDEROS .....	134
4.6	DISEÑO DE TUBERÍAS DE SUMIDERO .....	136

4.7 PLAN DE MANTENIMIENTO .....	138
---------------------------------	-----

***ÍNDICE DE TABLAS***

<b>Tabla 1.</b> .....	33
<b>Tabla 2.</b> Valores de coeficientes de escurrimiento según la zona.....	35
<b>Tabla 3.</b> Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados .....	36
<b>Tabla 4.</b> Superestructuras de puentes peraltes mínimos en superestructuras de puentes peraltes mínimos en superestructuras de puentes peraltes mínimos en superestructuras de puentes ....	39
<b>Tabla 5.</b> Resistencia de materiales .....	43
<b>Tabla 6.</b> Recubrimientos para las armaduras principales no protegidas .....	44
<b>Tabla 7</b> Módulo de elasticidad de los agregados.....	46
<b>Tabla 8</b> Coeficientes de Empuje Activo.....	57
<b>Tabla 9</b> Coeficientes de Empuje Pasivo.....	58
<b>Tabla 10</b> Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada .....	61
<b>Tabla 11</b> Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z.....	62
<b>Tabla 12</b> Clasificación de los perfiles de suelo .....	65
<b>Tabla 13</b> Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción .....	83
<b>Tabla 14</b> Profundidad mínima de los sondeos de acuerdo con el tipo de cimentación .....	84
<b>Tabla 15</b> Coeficiente de rugosidad de Manning.....	90
<b>Tabla 16</b> Datos de precipitación mensual y anual.....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Funcionamiento longitudinal de ducto cajón.....	22
<b>Figura 2.</b> Funcionamiento transversal de ducto cajón.....	22
<b>Figura 3.</b> Parámetros de una planta sinuosa.....	24
<b>Figura 4.</b> Comparación de las relaciones de forma o anchuras relativas de un río grande a un río pequeño.....	24
<b>Figura 5.</b> Factores que intervienen en una geometría de río.....	25
<b>Figura 6.</b> Área de aporte.....	28
<b>Figura 7.</b> Estructura ducto-cajón.....	52
<b>Figura 8.</b> Sección transversal de alcantarilla ducto-cajón.....	54
<b>Figura 9.</b> Sección transversal de alcantarilla ducto-cajón.....	55
<b>Figura 10.</b> Zona sísmica s del Ecuador .....	61
<b>Figura 11.</b> Espectro de Diseño .....	71
<b>Figura 12.</b> Ubicación geográfica del cantón La Troncal.....	93
<b>Figura 13.</b> Plano La Troncal 2016 .....	94
<b>Figura 14.</b> Plano General La Troncal.....	96
<b>Figura 15.</b> Ubicación del proyecto .....	97
<b>Figura 16.</b> Ciudad de la Troncal.....	101
<b>Figura 17.</b> Delimitación del Área de drenaje del proyecto .....	102
<b>Figura 18.</b> Esquema de ducto existente.....	102
<b>Figura 19.</b> Esquema de ducto a diseñar.....	106
<b>Figura 20.</b> Valores de esfuerzos del suelo.....	107
<b>Figura 21.</b> Resumen de ensayo de campo y laboratorio .....	108

<b>Figura 22.</b> Geometría del ducto-cajón.....	109
<b>Figura 23.</b> Esquema transversal de ducto-cajón.....	111
<b>Figura 24.</b> Esquema transversal de ducto-cajón.....	111
<b>Figura 25.</b> Carga viva LRFD HL-93 .....	111
<b>Figura 26.</b> Posición de la carga viva .....	112
<b>Figura 27.</b> Transformación de carga puntual .....	113
<b>Figura 28.</b> Carga viva sobre los muros .....	114
<b>Figura 29.</b> Cargas sobre la estructura.....	115
<b>Figura 30.</b> Reacción del suelo .....	116
<b>Figura 31.</b> Diagrama de presiones activa que produce un relleno sobre un muro. ....	119
<b>Figura 32.</b> Carga muerta.....	120
<b>Figura 33.</b> Carga viva.....	121
<b>Figura 34.</b> Carga del agua .....	121
<b>Figura 35.</b> Cargas LRFD.....	121
<b>Figura 36.</b> Carga muerta.....	122
<b>Figura 37.</b> Cargas viva HL-93.....	122
<b>Figura 38.</b> Cargas de agua.....	123
<b>Figura 39.</b> Cargas LRFD.....	123
<b>Figura 40.</b> Diagrama Momento Flector.....	124
<b>Figura 41.</b> Diagrama de Corte.....	124
<b>Figura 42.</b> Valores de momento flector .....	125
<b>Figura 43.</b> Valores de corte .....	125
<b>Figura 44.</b> Cargas LRFD.....	126

<i>Figura 45.</i> Representación gráfica del funcionamiento del proyecto.....	138
---	-----

### ***ÍNDICE DE ANEXOS***

<i>Anexo 1.</i> Ensayo contenido de humedad .....	148
<i>Anexo 2.</i> Ensayo de granulometría .....	149
<i>Anexo 3.</i> Ensayo de límite líquido .....	150
<i>Anexo 4.</i> Ensayo de límite plástico .....	151
<i>Anexo 5.</i> Diagrama de esfuerzos y resistencias .....	152
<i>Anexo 6.</i> Resumen de ensayo de campo y laboratorio .....	153

# **1 CAPÍTULO**

## **INTRODUCCIÓN**

Con el pasar de los años cada vez se va desarrollando cada lugar de la superficie terrestre, una más que otras, los suelos se impermeabilizan por el aumento de la tasa de crecimiento, hoy por hoy La Troncal esta entre las tres ciudades más altas en la tasa de crecimiento, claro existen algunos factores que determinaron un precedente, la llegada de la fábrica azucarera más grande del país y sus vías importantes de conexión con la costa y la sierra, una tierra muy rica en flora, fauna y pesca ya que se encuentra trazada por dos grandes ríos el Bulu Bulu y el rio Cañar, y existen muchos riachuelos esteros y vertientes.

Al comenzar zafra gente de todo el país emigraba hacia este pequeño rincón de la patria contribuyendo al desarrollo de lo que hoy en día conocemos como cantón La Troncal, asentamientos no planificados, invasiones y malas administraciones públicas son causantes de lo que hoy en día se ven reflejados los problemas con los sistemas de alcantarillados pluviales.

Al evaluar el sector se pudo constatar que necesita ser rediseñado un tramo ya que su capacidad no da más por eso la intervención con este proyecto y se propone un sistema de alcantarilla de hormigón armado ducto-cajón con la finalidad de mitigar daños materiales y pérdidas humanas.

Se contribuirá con el desarrollo del sector, amigable con el medio ambiente evitando que tiren desechos sólidos al canal y lo más importante que funcione de tal manera que conduzca el caudal para el cual fue diseñado.

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La ingeniería civil es la carrera que se encarga de estudiar, evaluar, diagnosticar, diseñar, rediseñar, calcular y construir obras e infraestructuras que conlleven a satisfacer y mejorar la

calidad de vida de las personas con su entorno, las últimas precipitaciones que se dieron en la época invernal de inicios del 2017, el cual ha sido reconocido como uno de los más fuertes en los últimos 15 años, ocasionó inundaciones en todo el cantón e incluso en todo el país, por lo que muchos sectores fueron declarados en emergencia.

Debido a que el cantón La Troncal en sus inicios era una zona agrícola, (caña de azúcar y banano), y ganadera (vacuno y porcino), cuenta con un sistema de drenaje de aguas lluvias natural basado en canales existentes desde hace muchos años, los mismos que servían como canales de riego y evacuaciones de las aguas.

Los asentamientos ilegales y las invasiones han sido un problema general en todo el país. Al realizar una inspección técnica general en todo el cantón, se pudo evidenciar casas construidas sobre estos canales, que cual perjudican a la colectividad de manera global. En La Troncal existe alrededor del 30% de alcantarillas de Hormigón Armado (ducto cajón), de los cuales, un 20% fueron diseñados y construidos hace mucho tiempo, y que actualmente no abastecen el caudal para el cual fue diseñado, lo que ha ocasionado fuertes inundaciones e ingentes pérdidas económicas, así también, muchas de ellas no fueron planificadas. Al evaluar el sector se pudo constatar que un tramo de 140 m de ducto cajón es de menor dimensión con respecto otro tramo esto hace que se forme un cuello de botella y colapse por completo el drenaje pluvial.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Con el pasar de los años todo el cantón ha sufrido un cambio drástico en relación con su población, la migración de la gente hacia este cantón ha sido parte fundamental, la razón por la cual gente de todo el Ecuador acudía a este cantón era por el ingenio azucarero más grande, el cual llegaban de todas partes a participar de la zafra que se daba en el mes de junio hasta diciembre.

Sin lugar a duda, este pequeño grupo de personas que llegaba con cada zafra, se fueron radicando poco a poco hasta llegar al punto en que formaron lo que hoy conocemos como La Troncal, comparando con otros cantones es una ciudad muy joven con una población muy densa.

La Troncal es la ciudad que tiene una tasa de crecimiento más alta que todos los otros cantones de la provincia del Cañar, contribuyendo con el comercio y más aun con el desarrollo, es por eso, que a este cantón se lo conoce también como la capital económica del Cañar.

Estos factores y acontecimientos suscitados conllevaron al asentamiento de una manera rápida, no planificada y sin orden; por lo que, a los gobiernos de turno del palacio municipal le ha tomado mucho tiempo llegar con obras a todos los sectores.

Sin embargo, al pasar los años aún existen sectores en los que se necesitan obras urgentes, y el rediseño del ducto cajón es uno de ellos. El sector Bellavista, como ahora ya está poblado ha cambiado su tipo de suelo y se ha tornado en un suelo casi impermeable, la mayoría de las calles están adoquinadas, y esto causa que en época de invierno, cuando hay precipitaciones grandes y fuertes, se generan desbordamientos porque dicha estructura ha colapsado y el sector se inunda.

El sector Bellavista es una zona muy concurrida por la presencia de un mercado municipal, existe un colegio fiscal que funciona en sus dos jornadas (diurna y vespertina), y la Fiscalía del cantón, al cual acuden diariamente mucha gente para hacer sus compras, estudiar y hacer sus diligencias respectivas, lo que se convierte en un problema de resolución urgente.

¿Cuál es el problema que conlleva al colapso de la alcantarilla de Hormigón Armado (ducto cajón) en el barrio Bellavista, entre las calles José Peralta y Luis Cordero, junto al Mercado Municipal Bellavista?

### **1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

- ✓ ¿Por qué colapsó el sistema de drenaje en este sector?
- ✓ ¿Se pudo evitar inundaciones en el sector? ¿Como?
- ✓ ¿De qué manera se puede evitar futuras inundaciones?
- ✓ ¿Cuál fue la magnitud de la inundación y la cuantía en pérdidas materiales?

### **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Inspeccionar, evaluar, diagnosticar los problemas que se dan en diferentes puntos del cantón donde existe un sistema de alcantarillado de Hormigón Armado (ducto cajón), teniendo como fin una solución rápida.

### **1.5 OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Rediseñar una alcantarilla de Hormigón Armado tipo ducto cajón, con el fin de evitar futuras inundaciones, tomando en cuenta parámetros de diseño actuales.

### **1.6 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- ✓ Efectuar un estudio de las áreas de drenaje que confluyen hacia el ducto cajón en estudio.
- ✓ Evaluar zonas de riesgo.
- ✓ Proponer un plan de mantenimiento a los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias (ducto cajón) para incrementar la vida útil de las infraestructuras.
- ✓ Mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector y contribuir en la recuperación de espacio para tránsito vehicular y peatonal sobre el ducto cajón.

- ✓ Analizar el impacto social al contribuir con obras emergentes en el sector Bellavista.

## **1.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El Estudio, Análisis, Evaluación y Rediseño integral de una alcantarilla de Hormigón Armado (ducto cajón) de 140 m de largo en el Barrio Bellavista del cantón La Troncal, ubicado entre las calles José Peralta y Luis Cordero, junto al mercado municipal Bellavista, son de vital importancia para evitar futuras inundaciones, posibles pérdidas humanas y daños materiales tanto privados como públicos, cabe recalcar que los beneficiados serán la colectividad en general por ser un sector concurrido.

El proyecto propuesto garantizará el bienestar de todos, y contribuirá con el medio ambiente, es decir, solo se evacuarán aguas pluviales y serán destinadas aguas abajo donde desembocaran en el río Bulu Bulu. Estas aguas no estarán mezcladas con aguas contaminadas ni servidas, por lo tanto, este sistema será un cuerpo en el cual se proteja el agua de las precipitaciones hasta su destino final.

## **1.8 DELIMITACIÓN O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio y la investigación comprende un tramo de 140 m de longitud, donde se requiere rediseñar un ducto cajón para evitar que se forme un cuello de botella, su costo no reflejará contradicción debido a la necesidad e importancia de la obra, ya que se evitarían posibles daños y desastres cuya reparación sería más costosa.

El Proyecto planteado está ubicado en la Troncal Provincia del Cañar a pocos metros de la avenida principal 25 de agosto, junto al mercado Municipal Bellavista en el barrio del mismo nombre.

## **1.9 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN O IDEAS A DEFENDER**

Las Obras y proyectos Hidráulicos tienen como fin salvaguardar, mejorar y fomentar el desarrollo de los pueblos. Dicho esto, se debe tomar en cuenta las nuevas y actualizadas normas de diseño, para así evitar posibles problemas a temprana edad como ha sucedido en algunos proyectos.

Como es de conocimiento, la idea es proponer un rediseño hidráulico tomando en cuenta el sector, es decir identificar el área si se encuentra en una zona de afluentes o canales que conlleven a posibles desbordamientos, para así poder dimensionar la sesión hidráulica. Una vez obtenido los valores de la base y altura de la estructura ducto-cajón, se procederá a realizar el diseño estructural con la norma AASHTO LRFD, y se lo diseñará con esta norma debido a que la estructura trabajará como un puente, y esta norma es la más apropiada para su diseño estructural.

Tomando en cuenta la sobrecarga viva, está expresada de forma teórica como HL-93, este es el camión de diseño para este proyecto planteado.

## **2 CAPITULO**

### **2.1 MARCO TEÓRICO**

A continuación, se describen algunos aspectos metodológicos que se consideran relevantes dentro de todo estudio hidrológico e hidráulico, que dada su complejidad requiere de criterios de diseño claro, métodos de recopilación y análisis de la información coherentes y representativos; y un marco teórico que justifique claramente el uso de estas metodologías.

### **2.2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **2.2.1 EMPRESA PÚBLICA Y PRIVADA**

- ✓ Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón La Troncal. (GAD La Troncal)
- ✓ Empresa de Agua Potable y Alcantarillado La Troncal. (EMAPAT)
- ✓ Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (INAMHI)
- ✓ Ingenio Coazucar La Troncal.
- ✓ Prefectura de la provincia del Cañar.
- ✓ Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS.
- ✓ Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)

#### **2.2.2 CÓDIGOS, NORMAS, REGLAMENTOS, REQUISITOS Y GUÍAS**

- ✓ Código Ecuatoriano de la Construcción, Parte IX Obras Sanitarias.
- ✓ Norma de Diseño para Sistemas de abastecimiento de Agua Potable, disposición de Excretas y residuos Líquidos en el Área Rural.
- ✓ Diseño hidráulico e hidrológico de obras de ingeniería para proyectos viales.
- ✓ Estudio para determinar la variación del coeficiente de escorrentía y su impacto en la capacidad de la red de alcantarillado en los colectores de las calles Arirumba e Imbabura.

- ✓ Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015.
- ✓ Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14)
- ✓ INEN 102 ó INEN 2167, RTE INEN 016
- ✓ NEC-14 SE-CG: Cargas (no sísmicas)
- ✓ NEC-14 SE-DS: Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente
- ✓ NEC-14 SE-RE: Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras
- ✓ NEC-14 SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- ✓ NEC-14 SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado
- ✓ NEC-14 SE-AC: Estructuras de Acero
- ✓ NEC-14 SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural
- ✓ NEC-14 SE-MD: Estructuras de Madera
- ✓ NEC-14 SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m
- ✓ Código ACI-318, “Boulding Code Requirements for Structural Concrete” (Comité 318), Instituto Americano del Hormigón
- ✓ Norma NSR-10, Reglamento colombiano de construcción sismo resistente, TÍTULO C Hormigón estructural
- ✓ Código ACI 117: “Tolerancias para materiales y construcciones de hormigón”, Instituto Americano del Hormigón
- ✓ Código ACI 301: “Specifications for Structural Concrete for Buildings”, Instituto Americano del Hormigón
- ✓ RTE INEN Reglamento Técnico Ecuatoriano
- ✓ NTE INEN Norma Técnica Ecuatoriana

- ✓ ASTM - American Society for Testing and Materials
- ✓ Norma AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges
- ✓ AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2014, 7th Edition.

## 2.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

**Alcantarilla.** - Una alcantarilla o cloaca es un acueducto subterráneo destinado a evacuar las aguas residuales domésticas u otro tipo de aguas usadas. Forma parte de los sistemas de saneamiento urbano. (Wikipedia, 2017)

**Alcantarillado.** - Conjunto de tuberías y obras complementarias necesarias de recolección de aguas residuales y/o pluviales. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Caudal.** - Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,) por unidad de tiempo. (Wikipedia, 2018)

**Drenaje.** - Es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalajo de líquidos pluviales y sanitarios de una población. (Wikipedia, 2017)

**Ducto-cajón.** – Es una estructura hidráulica de hormigón armado prefabricado o construida en sitio, su sección puede ser cuadrada o rectangular que sirve para transportar y conducir aguas ya sea de esteros, canales, aguas pluviales y/o aguas servidas que van enterradas en la superficie, que a su vez funcionan como puentes y como parte de la vía. (Tesis, 2017)

**Mitigar.** - El término mitigar lo utilizamos generalmente cuando queremos referirnos a que algo, una cuestión, una situación determinada, necesitan ser moderadas, aplacadas o suavizadas, ya sea, a través de algún objeto o cosa en concreto, o bien por la acción de alguien específico en la materia. (Definición ABC, 2018)

**Resguardo.** – Se entiende por resguardo a la seguridad que se pone en una cosa. (Definición.com, 2018)

**Afluente.** - Agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Desbordamientos.** - Es la acción y resultado de desbordar o desbordarse, es decir, es sobresalir, rebasar o exceder el límite de lo previsto y salir de los bordes, principalmente de cualquier afluente. (Definición a, 2018)

**Aguas Pluviales.** - Son las aguas provenientes de las lluvias que escurren superficialmente por el terreno. Según la teoría de Horton se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo. (SlideShare, 2012)

**Aguas Servidas.** - Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. (Definición y Que Es, 2014)

**Hidrología.** - Es la ciencia de la naturaleza que estudia el agua dentro del planeta Tierra, tanto en los aspectos de ocurrencia como acumulación y circulación desde el punto de vista cualitativo, cuantitativo y estadístico. (Scribd, 2018)

**Hidráulica.** - La Hidráulica es una ciencia perteneciente a la física cuyo objetivo en su estudio es aportar información acerca del comportamiento que sufren los cuerpos líquidos mientras se encuentren en movimiento, reposo o sean sometidos a alguna fuerza capaz de crear modificaciones en ellos. (Definición y Que Es, 2014)

**Colectores.** - Conducto subterráneo en el cual vierten las alcantarillas sus aguas. (Oxford Living Dictionaries, 2018)

**Pendientes.** - En topografía, la pendiente es un concepto que permite medir el grado de inclinación del terreno. Es la relación entre el espacio que recorreremos verticalmente y el espacio que recorreremos horizontalmente cuando subimos una rampa: (Comino, 2018)

**Presión.** - Como presión se conoce la fuerza que algo hace sobre otra cosa para apretarlo o comprimirlo. (Significados, 2018)

**Trenzado.** - Río extremadamente ancho y superficial, dentro del cual fluye el caudal normal a través de un cierto número de causes entrelazados separados por barras o bancos. (De La Lanza. Guadalupe, Caceres. Cárlos, Adame. Salvador, Hernández. Salvador , 1998)

**Meandro.** - La palabra meandro se define como cada una de las curvas que describe el curso de un río. La aparición de meandros significa necesariamente un aumento del recorrido pluvial lo cual implica una disminución de la pendiente y de la velocidad media de la corriente del río. (Glosario General de Términos, 2012)

**Sinuosidad.** - Es la relación que existe entre la longitud de la cuenca y la longitud del terreno material aluvial. (Martín, 2002)

**Impermeabilizar.** - Protección de un material para que éste no deje pasar humedad o agua. (Glosario.net, 2018)

**Escorrentía.** - Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008)

**Precipitación.** - Es el descenso de agua desde la atmosfera hacia a superficie de la tierra. (Wikipedia, 2018)

**Periodo Óptimo de Diseño.** - Período, entre las etapas de una obra, que proporciona su mayor rentabilidad. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Vida útil.** – Es el lapso luego del cual la obra o equipo debe ser reemplazado por obsoleto. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Desgaste.** - Hace referencia a la pérdida de la estructura superficial de un material debido a una interacción constante y mecánica con una superficie o con un objeto (CONCEPTODEFINICIÓN.DE, 2014).

**Periodo de Diseño.** - Lapso durante el cual la obra cumple su función satisfactoriamente sin necesidad de ampliaciones. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Área tributaria.** - Áreas que contribuyen al escurrimiento de aguas residuales y/o aguas pluviales. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Coletores.** – Se lo denomina así a la estructura que sirve para receptor descargas de aguas pluviales o aguas servidas. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Sumideros.** - Estructuras que permiten el ingreso de la escorrentía pluvial al sistema de alcantarillado pluvial. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Escurrimiento.** - Se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (Estación de aforo). (Ingeniero, 2018)

**Drenajes.** - Se refiere a las modalidades típicas de disposición en el subsuelo a través de zanjas de absorción y lechos de filtración o variantes de ellos, con excepción de los pozos de absorción.

**Frecuencias.** - Período dentro del cual un evento de determinada magnitud es igualado o superado. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Infiltración.** - Parte de la precipitación que es absorbida por el suelo. Fenómeno por el cual el agua de la superficie penetra en la tierra. (INFOJARDÍN, 2017)

**Precipitación.** - Agua en forma líquida o sólida, procedente de la atmosfera, que se deposita sobre la superficie de la tierra; incluye el rocío, llovizna, lluvia, granizo, aguanieve y la nieve. (Glosario General de Términos, 2012)

**Retención superficial.** - La Retención Superficial es un término que engloba a dos componentes del ciclo hidrológico que son la Interceptación y la Detención Superficial. Se define como el agua procedente de la lluvia que queda retenida o bien en la vegetación o bien en el suelo constituyendo lagunas. (De La Lanza. Guadalupe, Caceres. Cárlos, Adame. Salvador, Hernández. Salvador , 1998)

**Evaporación.** - Proceso físico en el que un líquido se transforma en vapor una temperatura inferior a la del punto de ebullición. (De La Lanza. Guadalupe, Caceres. Cárlos, Adame. Salvador, Hernández. Salvador , 1998)

**Interceptación.** - Reducción de la cantidad de agua que llega al suelo, en relación con las precipitaciones medidas. (Universidad Politecnica de Madrid)

**Infiltrómetro.** - Aparato para medir la velocidad de infiltración del agua en el suelo. (Glosario de Riego, 2018)

**Impermeable.** - Propiedad por la cual el agua u otros fluidos no pueden pasas a través de un suelo o roca. (Glosario General de Términos, 2012)

**Intensidad.** - Lluvia por unidad de tiempo. Normalmente se mide en mm/h. perturbación atmosférica. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Cuenca.** - Región terrestre a manera de una depresión o concavidad que abarca la zona en la que todas las aguas freáticas y superficiales drenan en el mismo cuerpo de agua. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2013)

**Capacidad.** - Característica física, de un cauce abierto que, en función de la superficie de la sección transversal y su rugosidad, multiplicado por la raíz cuadrada de la pendiente, da el caudal correspondiente del cauce o canal. (Aguamarket, 2017)

**Saturado.** - Este estado del suelo contiene únicamente dos fases: la fase sólida y líquida. Se lo llama saturado, porque todos los espacios vacíos están llenos de agua. (Ingeniería Civil, 2010)

**Geología.** - Ciencia natural que estudia la composición, estructura e historia del desarrollo de la corteza terrestre y sus capas más profundas. (Glosario General de Términos, 2012)

**Topografía.** - Disciplina que ocupa de los métodos de cartografía para la representación de la superficie terrestre, total o en porciones, en cualquier escala en un mapa. (Glosario General de Términos, 2012)

**Pendiente.** - Ángulo que forma el terreno con respecto a la horizontal o es el grado de inclinación del suelo. (Glosario General de Términos, 2012)

**Registro pluviográfica.** - Registro de precipitación obtenido por medio de un pluviógrafo (aparato que registra medidas continuas en el tiempo de precipitación). (Diccionario de Geotécnia, 2017)

**Rugosidad.** - Es un parámetro que determina el grado de resistencia, que ofrecen las paredes y fondo del canal al flujo del fluido. (Scribd, 2018)

**Sedimentos.** - Partículas sólidas provenientes de rocas o de un medio biológico, que son o han sido transportadas por el agua u otro agente atmosférico. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Caudal máximo instantáneo.** - El caudal máximo instantáneo, este ocurre en una sección de control, en un lapso determinado, este debe disponer de un instrumento registrador, que se expresa en y se asocia a la fecha en que se ha registrado. Este es un procedimiento necesario para

determinar la capacidad de escurrimientos en obras hidráulicas que no deben ser sobrepasadas. (Aguamarket, 2017)

**Dosificación.** - La dosificación en construcción tiene que ver con el proceso de establecer las diferentes proporciones de cada material que compone la mezcla del concreto. Se debe pensar en la cantidad de agua, arena, y de grava que se va a añadir a la mezcla de acuerdo al tipo de concreto que se requiere y a su uso. (Martín. Bonari, 2018)

**Resistencia a la compresión.** - Resistencia a la compresión del hormigón,  $f_c$ , empleada en el diseño y evaluada de acuerdo con las consideraciones de la sección 3.3.1. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Deformación unitaria.** - Deformación unitaria de tracción cuando se alcanza la resistencia nominal, excluidas las deformaciones unitarias debidas al preesforzado efectivo, flujo plástico, retracción y temperatura. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Módulo de elasticidad del hormigón.** - Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Segregación.** - es la separación de sus componentes una vez amasado lo que provoca una distribución no uniforme que dificulta los trabajos de colocación y compactación, pudiendo aparecer defectos como poros y coqueas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Exudación.** - es un el fenómeno que se produce por el ascenso del agua de amasado de una mezcla de hormigón durante el tiempo que dura su fraguado. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Acero de refuerzo.** - El acero de refuerzo es uno de los materiales de la construcción vitales para los edificios y obras de promociones que se erigen en la actualidad. El uso de este acero de refuerzo se da fundamentalmente para el refuerzo de estructuras y obras que necesitan un plus de seguridad. (Urbanismo.com, 2018)

**Traslape.** - Unir dos elementos remontando una parte del elemento sobre la otra. (Glosario.net, 2018)

**Corrosión.** - Deterioro de materiales metálicos provocados por oxidación, cuantía de refuerzo (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2013)

**Refuerzo longitudinal.** – Es el acero mínimo requerido para su diseño sísmico. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

**Carga viva.** - Denominadas también cargas probables, incluyen todas las fuerzas que son variables dentro de un mismo ciclo. (ARQHYS ARQUITECTURA, 2013)

**Carga muerta.** - Son los componentes con un mismo peso, que se aplican a la estructura como material de la propia estructura. (ARQHYS ARQUITECTURA, 2013)

**Estudio geotécnico.** Se refiere a los estudios de los suelos y aguas subterráneas, en tanto estos intervengan en la estabilidad y el buen comportamiento de las construcciones provisionales o definitivas. Están destinados a proveer al Ingeniero los datos relativos al comportamiento de los suelos, necesarios para la concepción y construcción de las obras. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Estudio hidrológico.** Estudio destinado a la obtención de datos relativos a la ocurrencia, distribución y disponibilidad de aguas superficiales. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Auto limpieza.** - Proceso a través del cual, la velocidad de flujo en un conducto impide la sedimentación de partículas sólidas. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Capacidad hidráulica.** Capacidad de transporte de un conducto de características definidas en determinadas condiciones. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Caudales de aguas lluvias.** Volúmenes de agua por unidad de tiempo de escurrimiento superficial, producto de la precipitación. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Coefficiente de escurrimiento.** Relación entre los volúmenes totales de escurrimiento superficial y los de precipitación. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Cuencas tributarias.** Área receptora de la precipitación que alimenta parcial o totalmente el escurrimiento de un curso de agua. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Cunetas.** Elemento de las calles a través de los cuales circula superficialmente el agua de lluvia, hasta ingresar al sistema de conductos a través de los sumideros. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Lluvia máxima de veinticuatro horas.** Lluvia máxima registrada en un período de 24 h. Para efectos de cálculo puede considerarse igual a la lluvia máxima de un día. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Sistema de alcantarillado pluvial.** Sistema de alcantarillado destinado a la recolección de aguas lluvias. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Velocidades máximas.** Máxima velocidad permitida en las alcantarillas para evitar la erosión. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Velocidades mínimas.** Mínima velocidad permitida en las alcantarillas con el propósito de prevenir la sedimentación de material sólido. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Lluvia máxima de veinticuatro horas.** Lluvia máxima registrada en un período de 24 h. Para efectos de cálculo puede considerarse igual a la lluvia máxima de un día. (Secretaría Del Agua, 1992)

**Usos de suelos.** Asignación que se da al suelo urbano, dentro del plan regulador, para el uso residencial, industrial, comercial, institucional, etc. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)

**Datos preliminares.** Información recogida con carácter provisional para la ejecución de estudios de prefactibilidad. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)

**Especificaciones técnicas.** Documento en el que se detallan las características técnicas de materiales, equipos y herramientas, métodos constructivos, métodos de pruebas y unidades de medición de los diferentes rubros. Estas especificaciones constituyen parámetros referenciales para una adecuada fiscalización y estarán de acuerdo con las normativas nacionales (IEOS, INEN, etc.) o a normativas internacionales a falta de los primeros. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)

**Levantamiento topográfico.** Toma de datos sobre la ubicación de puntos del terreno y de puntos de determinadas obras, que son de interés para el proyecto. Esta información permite elaborar los planos de la topografía y detalles del área del proyecto, requeridos para el diseño. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)

**Levantamiento planimétrico.** Toma de datos sobre la ubicación en planta de los puntos de interés. Las distancias horizontales se miden a cinta y los ángulos horizontales con teodolito. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)

**Levantamiento altimétrico o nivelación.** Toma de datos sobre la altitud de los puntos de interés. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)

**Esfuerzo.** - Fuerza por unidad de área. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Estribos sometidos a flexión.** - Refuerzo empleado para resistir esfuerzos de cortante y de torsión en un elemento estructural; por lo general consiste en barras, alambres o refuerzo electrosoldado de alambre (liso o corrugado) ya sea sin dobleces o doblados en forma de L, de U o en formas rectangulares, y colocados perpendicularmente o en ángulo con respecto al refuerzo longitudinal. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Estribos sometidos a compresión.** - Barra o alambre doblados que abraza el refuerzo longitudinal. Es aceptable una barra o alambre continuo doblado en forma de círculo, rectángulo, u otra forma poligonal sin esquinas reentrantes. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Hormigón.** - Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Hormigón estructural.** - Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Módulo de elasticidad.** - Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Refuerzo transversal.** - El refuerzo destinado a resistir los efectos de los esfuerzos cortantes y de torsión. Incluye, igualmente, el destinado a impedir el pandeo del refuerzo principal en las columnas o en los elementos sometidos a fuerzas de compresión, y el que produce confinamiento. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Resistencia a la fluencia.** - Resistencia a la fluencia mínima especificada, o punto de fluencia del refuerzo. La resistencia a la fluencia o el punto de fluencia deben determinarse en tracción, de acuerdo con las normas ASTM aplicables (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

**Nivel freático.** - Nivel superior de las aguas saturadas en el terreno. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)

**Cortante basal de diseño.** - Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente norma. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

**Ductilidad global.** - Capacidad de la estructura para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

**Ductilidad local.** - Capacidad de una sección transversal o de un elemento estructural, para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

**Fuerzas sísmicas de diseño.** - Fuerzas laterales que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura, según las especificaciones de esta norma. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

**Z (factor).** - El valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

**Zonas sísmicas.** - El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor de zona Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

**Isótropa.** - Que presenta las mismas propiedades, independientemente en la dirección en la que se midan. (WordReferencia .com, 20189)

**Homogénea.** - Que está formado por elementos con características comunes referidas a su clase o naturaleza, lo que permite establecer entre ellos una relación de semejanza y uniformidad. (Wikipedia, 2018)

## **2.4 DUCTO CAJÓN**

Antes de comenzar a definir qué significa un ducto cajón se debe saber que es un ducto. “La etimología de ducto nos lleva a ductus, un término latino que puede traducirse como conducción. Se denomina ducto, por lo tanto, a un canal o un conducto que puede emplearse para trasladar agua, petróleo, gas u otra sustancia”. (Pérez, 2017)



**Figura 1.** Funcionamiento longitudinal de ducto cajón.  
Fuente: (CIV Construcciones, 2013)



**Figura 2.** Funcionamiento transversal de ducto cajón.  
Fuente: (Gobierno Provincial del Cañar, 2014)

## **2.5 CRITERIOS DE DISEÑO DE UN DUCTO CAJÓN**

Si bien es cierto, pueden existir diferentes estudios que intervienen para su diseño, esto dependerá de la magnitud del proyecto. Entonces se puede decir que ducto cajón es una estructura hidráulica que para su estudio y diseño es necesario estudiar la Hidrología e Hidráulica.

Para continuar con el desarrollo del proyecto es necesario indicar que será diseñado sobre un canal existente (estero) y que se tomarán en cuenta aspectos y factores de la Hidráulica Fluvial. Según Martín (2002) “Podemos entender por Hidrología fluvial el estudio de la secuencia en que se presentan los caudales de un río y hablamos de régimen hidrológico (pluvial, nival, pluvio-nival, tropical, monzónico...)” (p. 26)

El clima que predomina en La Troncal es el tropical monzónico, la cual es importante tomar en cuenta algunas características que el autor menciona.

El ducto y colectores seguirán, en general, las pendientes del terreno natural y formarán las mismas hoyas primarias y secundarias que aquél. En general se proyectarán como canales o conductos sin presión y se calcularán tramo por tramo.

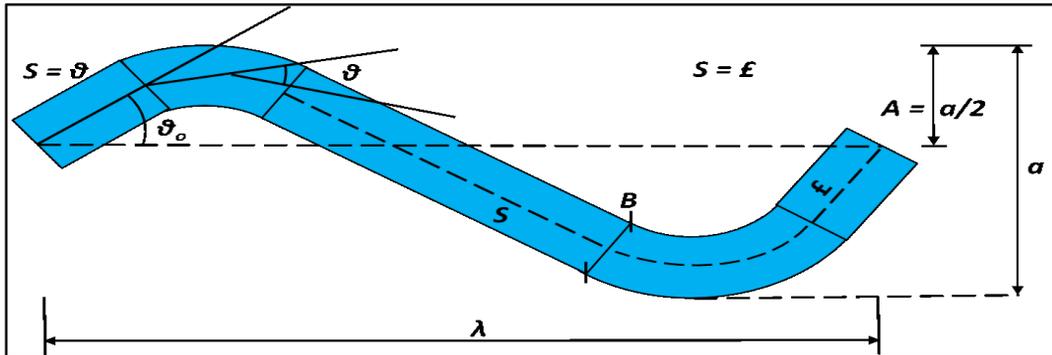
## **2.6 GEOMETRÍA HIDRÁULICA DE LOS RÍOS**

La construcción de proyectos sobre el cauce de ríos, esteros y canales ya sean alcantarillas, puentes o badenes, pueden generar alteración en la geometría del cauce tanto vertical como longitudinal, por ello es importante conocer la orientación natural y su punto de vista durante la ejecución del proyecto.

(Martín, 2002) en su libro Ingeniería de ríos afirma lo siguiente:

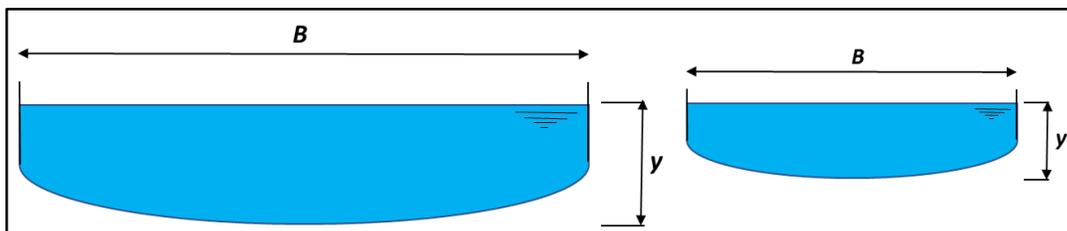
La primera relación empírica de interés es en qué condiciones un río forma un cauce trezado o un cauce único meandriforme. La relación  $SQ^{0.44} > 0.0166$  donde S (pendiente del río) y Q (caudal), el río es trezado en caso contrario es meandro uniforme. De todos

modos, esta frontera no distingue nítidamente, sino que se traza dentro de una considerable dispersión. De hecho, muchos ríos son trenzados y sinuosos al mismo tiempo y así la clasificación es también más difusa. (p, 29)



**Figura 3.** Parámetros de una planta sinuosa.  
Fuente: (Martín, 2002)

Otro parámetro geométrico de un río meandro uniforme es la sinuosidad, cociente de la longitud a lo largo del valle y la longitud de onda  $\lambda$ . Otra relación empírica indica que el cociente  $B/y$  es mayor cuanto menor es el contenido del material fino del cauce, es decir, con material más gruesos se tiene cauces más anchos. El mismo efecto de aumentar  $B/y$  ocurre cuando mayor es el transporte de sólidos del río (el tamaño del material aluvial y el caudal de dicho material transportado tiene el mismo efecto morfológico en la sección transversal). Otra consecuencia observada del aumento del transporte de sólido es la disminución de la sinuosidad, es decir el cauce se hace más recto. (Martín, 2002, pág. 30)



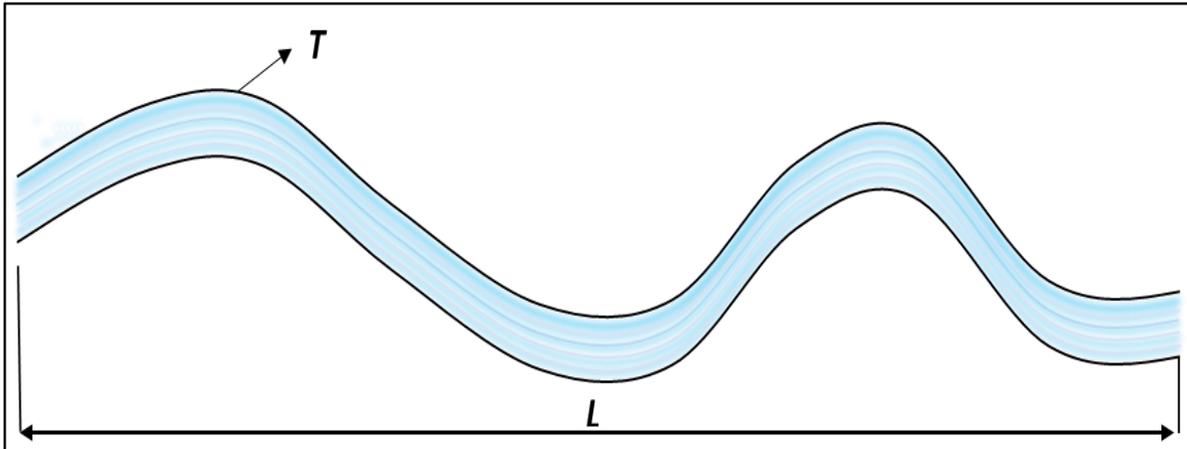
**Figura 4.** Comparación de las relaciones de forma o anchuras relativas de un río grande a un río pequeño.  
Fuente: (Martín, 2002)

Si  $T/L < 1.5$  el río tiene un comportamiento recto y si  $T/L > 1.5$  el río tiene un comportamiento sinuoso, donde:  $L$  es la longitud en planta del río y  $T$  es el perímetro o borde del río.

$L$  = Longitud recta en planta.

$T$  = Perímetro o borde de la orilla del río.

Para su mejor explicación presentamos una representación gráfica.



**Figura 5.** Factores que intervienen en una geometría de río.

Fuente: (Martín, 2002)

## 2.7 IMPORTANCIA DE LA URBANIZACIÓN PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO

Hoy en día el desarrollo de los pueblos, cantones y ciudades juegan un rol muy importante en el análisis, diseño y rediseño para cualquier sistema de aguas lluvias, debido a que cada vez se va impermeabilizando los suelos.

Dichas obras ejecutadas por entidades del estado ecuatoriano como Juntas Parroquiales, Municipios, Prefecturas y el mismo Estado son aquellas obras que se encargan de cambiar la forma de la superficie terrestre denominada zona urbana, los proyectos viales tales como el hormigón rígido (concreto), hormigón flexible (asfalto), adoquinado, empedrado y regeneración urbana (aceras y bordillos) son las obras relevantes y contribuyentes para considerar su influencia en un diseño hidráulico, sin desestimar infraestructuras de viviendas, edificios y parques.

## **2.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL**

Establecer criterios de diseño que permitan el desarrollo del proyecto de aguas de escorrentía pluvial para su recolección, transporte y evacuación a su cuerpo receptor ducto cajón que se presenta de la precipitación en el sector urbano en estudio, cumpliendo las normas y especificaciones existentes en nuestro país.

## **2.9 BASES DE DISEÑO**

### **2.9.1 PERIODO DE DISEÑO**

El periodo de diseño es el tiempo que se estima para que un sistema funcione satisfactoriamente, el periodo de diseño o año horizonte del proyecto se puede determinar para cada componente del proyecto y depende de los siguientes factores como establece en el Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias capítulo 5.1.1.

- ✓ Se diseñarán en lo posible para su periodo óptimo de diseño.
- ✓ La vida útil de las estructuras del sistema teniéndose en cuenta su desgaste.
- ✓ La facilidad o dificultad de la ampliación de las obras existentes.
- ✓ El crecimiento de la población futura.
- ✓ Financiamiento.
- ✓ Capacidad de pago de los pobladores.
- ✓ Impacto ambiental.

Según la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural capítulo 4.1, indica que:

- ✓ “Las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos se diseñarán para un período de 20 años.”
- ✓ “Los equipos se diseñarán para el período de vida útil especificado por los fabricantes”.

✓ “Se podrá adoptar un período de diseño diferente en casos justificados, sin embargo, en ningún caso la población futura será mayor que 1.25 veces la población presente.”

Mientras que en apuntes de ingeniería civil considerando algunos factores recomienda un periodo de 25 años.

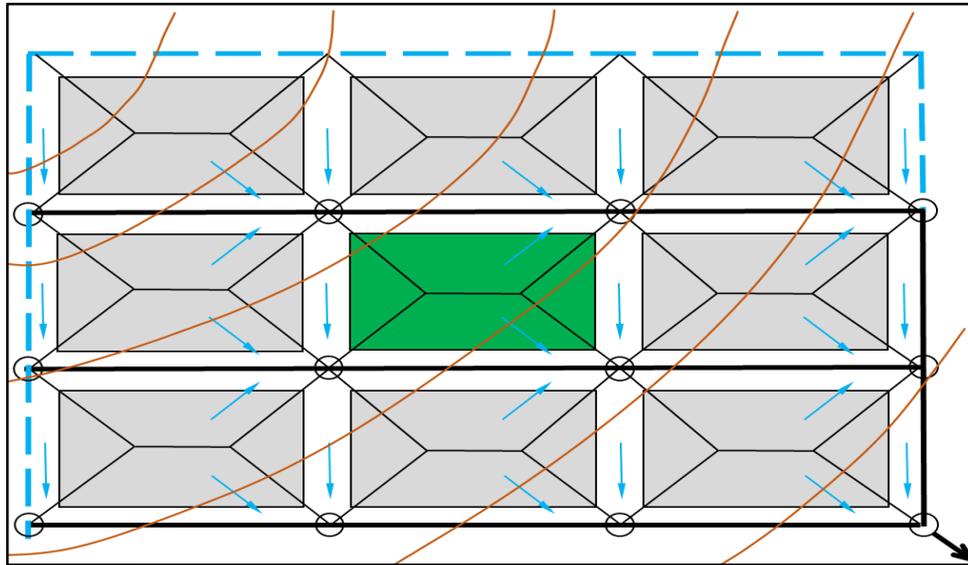
Ven Te Chow indica que para drenajes urbanos en alcantarillas de ciudades grandes recomienda de 25 – 50 años.

Considerando los factores antes mencionados se indica que para este proyecto se tomara un periodo de diseño de 25 años.

## **2.9.2 AREAS TRIBUTARIAS**

Se identificará el sector tomando como base fundamental la topografía para determinar el área tributaria que abarca, teniendo en cuenta los aspectos urbanísticos y zonas de futuro desarrollo, es muy importante definir la cuenca que drenará el agua de este sector.

Luego de saber la ruta del sistema de alcantarillado pluvial, se procede al estudio de áreas tributarias que permitan realizar el cálculo hidráulico de secciones. Así pues, se procede a delinear las manzanas que estén involucradas en la zona urbana a analizar. Asimismo, se debe tomar en cuenta el trazado de los colectores y sumideros, asignando áreas proporcionales de acuerdo con las figuras geométricas a las cuales se asemejen las manzanas.



**Figura 6.** Área de aporte.  
Fuente: (Ilaya, 2011)

## 2.9.3 CAUDAL DE DISEÑO

### 2.9.3.1 CAUDALES DE DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS

Para calcular los caudales del escurrimiento superficial directo, se podrán utilizar tres métodos básicos:

- ✓ El método racional.
- ✓ El método del hidrograma unitario sintético.
- ✓ Análisis estadístico,

El proyecto abarca un área tributaria de 10 ha por lo tanto se procederá a calcular mediante el método racional, puesto que este método se utilizará para la estimación de áreas tributarias menores a 100 ha, como establece el Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias en el capítulo 5.1.5.5.2.

Para la selección de las lluvias de diseño se consideran dos sistemas de drenajes diferentes, el sistema de drenaje principal o de micro drenaje compuesto por pavimentos, cunetas, sumideros y colectores y el de macro constituido por grandes colectores: tales como canales, esteros y ríos.

El proyecto en estudio pertenece al sistema macro debido a que por su interior es transportado agua de un estero y que a su vez recoge aguas de colectores.

Se diseñarán para escurrimientos de frecuencias superiores a 50 años, su selección acompaña a resultados obtenido del análisis de daños a la propiedad pública y privada y uno que otro incidente a personas, no llegando a lamentar pérdidas humanas. Cumpliendo lo que estipula la norma capítulo 5.1.5.5 y 5.1.5.7.

El caudal de escurrimiento se lo calculará mediante la fórmula que se presentará a continuación según lo indica la norma para áreas menores a 5 km<sup>2</sup> capítulo 5.4.2.

$$Q = 0.00278 C * I * A$$

En donde:

- ✓ Q = caudal de escurrimiento en m<sup>3</sup>/s.
- ✓ C = coeficiente de escurrimiento (adimensional).
- ✓ A = Área de la cuenca, en ha.
- ✓ I = intensidad de lluvia para una duración de lluvias, igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, en mm/h.

Manning propone la siguiente fórmula para el cálculo de la velocidad. Y se la considera como la más adecuada por varios factores que intervienen:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{n} * \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

- ✓ A = Área mojada en m<sup>2</sup>
- ✓ P = Perímetro mojado en m
- ✓ R<sub>h</sub> = Radio hidráulico en m

- ✓ S = Pendiente en m/m
- ✓ n = Rugosidad (Hormigón) adimensional
- ✓ V = Velocidad de flujo en m/s

### **2.9.3.2 COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTOS**

Para determinar los coeficientes de escurrimientos C será considerado los efectos de infiltración, precipitación, almacenamiento por retención superficial, evaporación, interceptación.

A continuación, se detallará cada efecto que interviene en este proceso.

### **2.9.3.3 INFILTRACIÓN**

La capacidad de infiltración del suelo se puede calcular mediante el uso de un instrumento de medición llamado infiltrómetro y se expresa en términos de profundidad por unidad de tiempo (mm/h); este artefacto, permite adquirir resultados de calidad, debido a que no aparenta condiciones reales. Además, se considera el uso del método de simulación de lluvias, ya que genera mejores resultados al ocupar un área mayor.

En el fenómeno de infiltración existen factores que influyen y actúan en el proceso, dichos factores son:

- ✓ Características del suelo: granulometría, porosidad, humedad, etc.
- ✓ Características de la vegetación.
- ✓ Condiciones climáticas.
- ✓ Temperatura del suelo.
- ✓ Profundidad del estrato impermeable.
- ✓ Compactación del suelo.
- ✓ Aire atrapado.
- ✓ Uso del suelo

#### **2.9.3.4 PRECIPITACIÓN**

El desarrollo de escorrentía está en función de la precipitación y obedece a varios aspectos como son:

- ✓ Forma
- ✓ Intensidad
- ✓ Duración
- ✓ Dirección de movimiento
- ✓ Distribución del espacio
- ✓ Humedad del suelo

#### **2.9.3.5 FORMA**

La prisa con la que se origina la escorrentía depende de la precipitación; como, por ejemplo, si ésta se encuentra en estado líquido como la lluvia, existirá una mayor rapidez; pero si está en estado sólido como el granizo, la rapidez con la que se origine estará en función de la velocidad de la fusión y de la temperatura ambiente.

#### **2.9.3.6 INTENSIDAD**

Se originará escorrentía si la intensidad de la lluvia supera la intensidad de infiltración. A mayor intensidad de precipitación, se tendrá un mayor caudal de escorrentía.

#### **2.9.3.7 DURACIÓN**

Una precipitación de extensa duración, independiente de la intensidad de esta, reduce la capacidad de infiltración del suelo. A mayor duración de precipitación, se tendrá un mayor caudal de escorrentía.

### **2.9.3.8 DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO**

La dirección del centro de la perturbación atmosférica que causa la precipitación interviene en el escurrimiento de la cuenca. El caudal de escorrentía será mayor si la tormenta se desplaza dentro del área de la cuenca.

### **2.9.3.9 DISTRIBUCIÓN EN EL ESPACIO**

De manera general, la precipitación no alcanza toda la superficie de la cuenca; es por eso por lo que el caudal de escorrentía estará en función del área cubierta por la precipitación.

### **2.9.3.10 HUMEDAD DEL SUELO**

Si al ocurrir una tormenta el suelo está seco, o tiene un porcentaje de humedad bajo, tendrá una mayor capacidad para la absorción de agua. La capacidad de infiltración reducirá si el suelo presenta una humedad inicial antes de la precipitación; así, el tiempo necesario para la saturación del suelo será menor, facilitando de esta manera el proceso de escorrentía superficial

### **2.9.3.11 INTERCEPTACIÓN**

Estos elementos tienen efectos muy significativos en la escorrentía. La urbanización de las ciudades, así como la ausencia de vegetación y los cambios en los usos del suelo, son casos especiales que deben ser considerados. La urbanización tiene diversos impactos fundamentales sobre el proceso de escorrentía:

- ✓ Aumento en el porcentaje de superficies impermeables y de suelos compactados, esto producen mayores volúmenes de escorrentía.
- ✓ Escorrentía más rápida a consecuencia de las redes viales, redes de drenaje de aguas pluviales y a las variaciones de la vegetación natural.

### 2.9.3.12 EVAPORACIÓN

Mediante este fenómeno existe una gran cantidad de agua que se pierde por la evaporación del agua almacenada en las capas cercanas a la superficie del suelo reduciendo el caudal de escorrentía. La evaporación obedece fundamentalmente de la radiación solar, la cual es la principal provisión de energía para la evaporización.

### 2.9.3.13 ALMACENAMIENTO POR RETENCIÓN SUPERFICIAL

La razón principal de la retención superficial es sin duda por la Geología, Topografía y Pendiente del terreno.

Sin lugar a duda, para todos estos factores necesitan un estudio, análisis de campo y cálculo para determinar con exactitud la escorrentía y poder determinar un caudal de diseño, gracias a estudios realizados existen tablas con datos, estos valores son coeficientes C de escorrentía según la superficie o al tipo de zona en estudio. (Véase Tabla 1 y Tabla 2)

Los coeficientes de escurrimientos C obedecen a un gran número de elementos y no es constante para un área determinada ni aún durante una sola lluvia. En las zonas urbanas con alto grado de impermeabilidad de superficie, los coeficientes de escurrimientos tienden a 1 y se desplazan en intervalos relativamente pequeños.

Según el Código Ecuatoriano de la Construcción Parte IX Obras Sanitarias (1992), propone la siguiente tabla de valores del coeficiente de escorrentía C para distintos tipos de superficie:

**Tabla 1.**  
*Valores de coeficientes según el tipo de superficie*

<b>TIPOS DE SUPERFICIES</b>	<b>C</b>
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 a 0,9
Pavimentos de hormigón	0,8 a 0,85

Empedrados [juntas pequeñas]	0,75 a 0,8
Empedrados [juntas ordinarias]	0,4 a 0,5
Pavimentos de macadam	0,25 a 0,6
Superficies no pavimentadas	0,1 a 0,3
Parques y jardines	0,05 a 0,25

Fuente: *Código Ecuatoriano de la Construcción Parte IX Obras Sanitarias (1992)*.

El Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias capítulo 5.4.2.4 según la norma establece lo siguiente:

Las suposiciones básicas del método racional, con respecto a la relación entre la intensidad de lluvia de diseño, tiempo de concentración y el caudal de escorrentía, no justifican la corrección de C con el tiempo, por lo tanto, en la aplicación del método racional se utilizará un valor constante del coeficiente C.

Si es necesario calcular un coeficiente de escurrimiento mixto, establecido en porcentajes de diferentes tipos de superficie se podrá emplear los valores que se presenta en la siguiente tabla:

$$C = \frac{\sum A * C}{\sum A}$$

Donde:

C= Coeficiente de escorrentía según el tipo de superficie.

A= Área considerada.

En la siguiente tabla están los valores de coeficientes de escurrimiento C según la zona, dichos valores están considerado por el tipo de suelo y su población.

**Tabla 2.***Valores de coeficientes de escurrimiento según la zona*

<b>Tipos de Zonas</b>	<b>VALORES DE C</b>
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0,7 – 0,9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0,7
Zonas residenciales medianamente pobladas	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad	0,35 – 0,55
Parques, campos de deportes	0,1 – 0,2

Fuente: *Código Ecuatoriano de la -Construcción Parte IX Obras Sanitarias (1992).*

En el capítulo 5.1.3.1, establece que de no existir en el área de estudio registros pluviográficos, o el período de registro existente sea insuficiente, se obtendrán las curvas de intensidad, duración y frecuencia, a partir de las lluvias máximas de 24 h registradas en el sector, y de relaciones entre alturas pluviométricas para diferentes duraciones, para áreas de características pluviográfica similares.

#### **2.9.4 VELOCIDADES DE DISEÑO**

Para diseñar un sistema de alcantarillado pluvial es importante limitar las velocidades mínimas y máximas con la finalidad de asegurar su autolimpieza, evitar la sedimentación de partículas sólidas que suelen ser arrastradas por la escorrentía y evitar daños en las paredes del ducto cajón debido a la acción mecánica del agua que ejerce sobre la misma.

La velocidad depende básicamente de las características geométricas y características físicas, como es el coeficiente de rugosidad y la pendiente. No siempre es posible obtener velocidades de auto limpieza, esto ocurre cuando se conduce caudales bajos, es posible que se permita velocidades menores a la mínima y que se acepte un porcentaje de sedimentos, siempre que ocurran cambios de caudales elevados y garantice la limpieza del ducto cajón.

También es posible obtener pendientes elevadas, y no es viable cambiarlas por las características topográficas, lo recomendable es adoptar medidas de disipación de energía para impedir el desgaste.

#### 2.9.4.1 VELOCIDAD MÁXIMA DE DISEÑO

Las velocidades máximas de diseño para sistemas de alcantarillado fluvial dependen del tipo de material de fabricación, se aconseja usar los valores de la Tabla 3 y que vienen dados en parámetros estandarizados por el Código Ecuatoriano de la Construcción Parte IX Obras Sanitarias capítulo 5.2.1.16. En caso de canales de grandes dimensiones es aconsejable diseñar canales trapezoidales o rectangulares, en canales de hormigón la norma exige como velocidades máximas de 3.5 m/s a 4 m/s y la profundidad del ducto o canal deberá incluir un borde de resguardo del 5% al 30% de la profundidad de operación, es decir, la altura del fondo del ducto cajón o canal hasta el espejo de agua, la cual se aumentará el porcentaje que tome el proyectista.

El capítulo 5.2.1.13 establece que el diseño hidráulico de las tuberías de alcantarillado puede ejecutarse utilizando la fórmula de Manning, que recomienda las velocidades máximas reales y los coeficientes de rugosidad correspondientes para cada material, propuesta en la siguiente Tabla 3.

**Tabla 3.**  
*Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados*

<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD MÁXIMA m/s</b>	<b>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD</b>
Hormigón simple con uniones de mortero calzadas	4	0,013
Hormigón simple con uniones de neopreno para NF alto	3,5 – 4	0,013
Asbesto cemento	4,5 – 5	0,011
Plástico	4,5	0,011

Fuente: *Código Ecuatoriano de la Construcción Parte IX Obras Sanitarias (1992).*

### **2.9.4.2 VELOCIDADES MÍNIMAS DE DISEÑO**

Para el diseño de alcantarillado pluvial la velocidad mínima es de 0.9 m/s, esta es la velocidad para caudal máximo instantáneo en cualquier época del año según especifica la norma capítulo 5.2.1.10 y 5.2.1.12 del Código Ecuatoriano de la Construcción Parte IX Obras Sanitarias (1992).

La finalidad es evitar la sedimentación y que el caudal se encargue de limpiar las partículas gruesas que son arrastradas por la escorrentía superficial, es decir, su velocidad mínima dependerá de la pendiente para su autolimpieza.

## **2.10 DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN DUCTO CAJÓN**

### **2.10.1 MATERIALES**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM 2014 establece que:

Un material de construcción es cualquier producto procesado o fabricado destinado a ser incorporado con carácter permanente en cualquier obra, sea de edificación o de ingeniería civil, todos los materiales de construcción deberán cumplir los siguientes requisitos: (p. 25)

- ✓ Resistencias mecánicas acordes con el uso que recibirán.
- ✓ Estabilidad química (resistencia a agentes agresivos).
- ✓ Estabilidad física (dimensional).
- ✓ Seguridad para su manejo y utilización.
- ✓ Protección de la higiene y salud de obreros y usuarios.
- ✓ No conspirar contra el ambiente.
- ✓ Aislamiento térmico y acústico (colaborar en el ahorro de energía).
- ✓ Estabilidad y protección en caso de incendio (resistencia al fuego).
- ✓ Comodidad de uso, estética y economía.

## **2.10.2 DURABILIDAD DEL HORMIGÓN**

En la sección 3.2. de la NEC-SE-HM 2014 publica que:

Para asegurar una larga vida útil del hormigón de cemento hidráulico, es necesario tener presente una serie de precauciones y cuidados con el propósito de asegurar la suficiente calidad del material para que responda a las exigencias de la obra, en cuanto a:

- ✓ Resistencias mecánicas,
- ✓ Resistencia a agentes agresivos,
- ✓ Intemperie.

Usualmente, la propiedad mecánica más fácilmente mensurable del hormigón es su resistencia a la compresión, obtenida del ensayo de probetas cilíndricas. Siendo éste un parámetro de referencia para determinar otras propiedades mecánicas, debido a la vinculación directa con la mayoría de ellas.

Otro aspecto que se puede controlar durante el proceso de fabricación es la relación agua – cemento ( $a/c$ ) que determina la resistencia del material y la protección a los agentes agresivos. Controlando estas variables es posible garantizar un hormigón de duración satisfactoria.

Se deben utilizar los parámetros más exigentes para determinar la dosificación de la mezcla.

La dosificación se puede basar en la experiencia en obras similares, en mezclas de prueba o en ambas. (p. 25-26)

## **2.10.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

La NEC-SE-HM 2014 establece lo siguiente:

El hormigón debe cumplir con los requisitos de este capítulo para condiciones de exposición ambiental (véase en la sección 3.2), y satisfacer los requisitos de resistencia estructural. Se usarán los siguientes valores de resistencia especificada a la compresión: (p. 31)

- ✓ Valor mínimo para el hormigón normal:  $f^c = 21$  MPa
- ✓ Valor máximo para elementos de hormigón liviano:  $f^c = 35$  MPa.

#### 2.10.4 RESISTENCIA A LA FLUENCIA

Según lo estipula la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014) capítulo 3.3.2. que:

La resistencia real a la fluencia basada en ensayos realizados por la fábrica no sea mayor que  $f_y$  en más de 1.25 MPa;

De no ser así, el RTE INEN o la NTE INEN, se remitirán a los requisitos dados en las normas ASTM vigentes. (p. 21)

Para más detalles ver sección 10 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM 2014 (p. 101)

#### 2.11 DISEÑO DE LOSAS PUENTE SEGÚN AASHTO LRFD 2014

##### Tabla 4.

*Superestructuras de puentes peraltes mínimos en superestructuras de puentes peraltes mínimos en superestructuras de puentes peraltes mínimos en superestructuras de puentes*

<b>PROFUNDIDADES MÍNIMAS PARA SUPERESTRUCTURAS DE PROFUNDIDAD CONSTANTE</b>			
<b>Material</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tramos simples</b>	<b>Tramos continuos</b>
Hormigón Armado	Losas con armadura principal paralela al tráfico	$\frac{1.2 * (S + 3)}{30}$	$\frac{(S + 3)}{30}$

Fuente: *Norma AASHTO LRFD 2014*

Para Losas puente de hormigón armado se escogerá la fórmula de tramos continuos por la longitud que tiene la alcantarilla

Siendo S la luz del tramo de losa (m)

### 2.11.1 LÍMITES DE DISEÑO

Debe cumplir con el límite mínimo de espesor de losa, es decir, no debe ser menor a los límites de la tabla antes mencionada.

La norma indica que no puede ser menor a 0.165 m de espesor, pero por razones constructivas se adoptará como 0.20 m.

### 2.11.2 ANCHOS EQUIVALENTES DE FAJA PARA PUENTES TIPO LOSA CON ARMADURA PRINCIPAL PARALELA AL TRÁFICO

El ancho equivalente de las fajas longitudinales tanto para corte como para momento con un carril cargado, en el Artículo (4.6.2.3.1) se expresa de la siguiente manera:

$$E = 0.25 + 0.42 * \sqrt{L_l W_l}$$

Mientras que el ancho equivalente de las fajas longitudinales por carril tanto para corte como para momento con más de un carril cargado según el Artículo (4.6.2.3-2) es el siguiente:

$$E = 2.10 + 0.12 * \sqrt{L_l W_l} \leq \frac{W}{N_L}$$

Donde:

- ✓ E = ancho equivalente (m)
- ✓  $L_l$  = menor valor (m) entre longitud real y 18 m
- ✓  $W_l$  = menor valor (m) entre ancho real y 18 m para carga en múltiples carriles o 9 m para carga en un solo carril
- ✓ W = ancho físico entre los bordes del puente (m)
- ✓  $N_L$  = número de carriles de diseño

Estas disposiciones son aplicables en puentes tipo losa con más de 4.60 m de longitud en dirección paralela al tráfico según el Artículo (4.6.2.1.2), por lo tanto, no se tomará en cuenta la faja E por no cumplir con lo estipulado en la norma.

Sin embargo, el diseño que está siendo analizado se lo está considerando en un metro lineal para su cálculo correspondiente.

### **2.11.3 ARMADURA DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA**

En la parte inferior de las losas se adoptará armadura en la dirección secundaria, esta armadura se calculará como un porcentaje de la armadura principal para momento positivo.

Si la armadura principal es paralela al tráfico

$$\frac{55}{\sqrt{s}} \leq 50\%$$

Si la armadura principal es perpendicular al tráfico

$$\frac{121}{\sqrt{s}} \leq 67\%$$

Donde:

S=Longitud de tramo efectivo

### **2.11.4 ARMADURA DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA**

Casi toda estructura se encuentra expuesta a variaciones debido a la temperatura, estos cambios hacen que la estructura realice cambios pequeños manifestándose por dilatación y contracción.

Para corregir estos cambios la norma AASHTO LRFD establece que:

En el Artículo (5.10.8.2-1) el área de refuerzo en  $\text{cm}^2$  por metro, en cada cara y en cada dirección será la siguiente:

$$A_s = \frac{758.4 * b * h}{2 * (b + h) * f_y}$$

$$A_s = \frac{0.18 * b * h}{2 * (b + h)}$$

Mientras que en el Artículo (5.10.8.2-2) indica que:

$$2.33\text{cm}^2/\text{m} \leq A_s \leq 12.70\text{cm}^2/\text{m}$$

donde:

$A_s$  = área del refuerzo en cada dirección y en cada cara ( $\text{cm}^2/\text{m}$ )

$b$  = ancho menor de la sección (cm)

$h$  = espesor menor de la sección (cm)

$f_y$  = resistencia de fluencia especificada de las barras de refuerzo  $\leq 5,250\text{kg}/\text{cm}^2$

La separación de la armadura no excederá:

- ✓ 3 veces el espesor del componente o 0.45m
- ✓ 30cm para muros y cimientos con espesores mayores de 45cm
- ✓ 30cm para otros componentes con espesores mayores que 90cm.

Para componentes con espesores de 0.15 m o menos, el acero mínimo especificado se puede colocar en una sola capa.

No se requiere acero de contracción y temperatura para:

- ✓ Caras extremas de muros con espesores menores o iguales a 0.45cm
- ✓ Caras laterales de cimientos enterrados con espesores menores o iguales a 0.90cm
- ✓ Caras de todos los otros componentes con la dimensión más pequeña menor o igual que 45cm

## **2.11.5 LIMITES PARA EL REFUERZO**

### **Refuerzo Máximo**

Las actuales disposiciones AASHTO LRFD eliminan este límite, Artículo (5.7.3.3)

### **Refuerzo Mínimo**

La Norma AASHTO LRFD en su Artículo (5.7.3.3.2) menciona que la cantidad de refuerzo de tensión pretensado y no pretensado será adecuado para desarrollar una resistencia a flexión facturada superior o igual al menor valor de:

- ✓ 1.33 veces el momento facturado requerido por las combinaciones de carga para el estado límite de resistencia aplicable.

### 2.11.6 FACTORES DE RESISTENCIA

Los factores de resistencia están dados en la siguiente tabla que se detalla a continuación, estos coeficientes varían según el tipo de estructura, el cual hace que sea más eficiente.

**Tabla 5.**  
*Resistencia de materiales*

CASO	$\phi$
Flexión y tracción del hormigón armado	0.90
Flexión y tracción del hormigón pretensado	1.00
Corte y Torsión:	
Hormigón de densidad normal	0.90
Hormigón de baja densidad	0.80
Compresión axial con espirales o zunchos (excepto lo especificado en Art. 5.10.11.3 y 5.10.11.4.1b para Zonas Sísmicas 2, 3 y 4, estado límite de Evento Extremo)	0.75
Apoyo sobre hormigón	0.70
Compresión en modelos de bielas y tirantes	0.70
Compresión en zonas de anclaje:	
Hormigón de densidad normal	0.80
Hormigón de baja densidad	0.65
Tracción en el acero en las zonas de anclaje	1.00
Resistencia durante el hincado de pilotes	1.00

Fuente: *Norma AASHTO LRFD 2014*

### 2.11.7 RECUBRIMIENTOS

El recubrimiento mínimo para cualquier estructura es de 25 mm, pero ahora la norma establece una tabla según la exposición de la estructura, En la tabla 5.12.3-1 de AASHTO LRFD existen diferentes medidas de recubrimientos que a continuación se detalla:

**Tabla 6.***Recubrimientos para las armaduras principales no protegidas*

<b>SITUACIÓN</b>	<b>RECUBRIMIENTO (mm)</b>
Exposición directa al agua salada	100
Hormigonado contra el suelo	75
Ubicaciones costeras	75
Exposición a sales anticongelantes	60
Superficie de tableros con neumáticos con clavos o cadenas	60
Otras situaciones exteriores	50
Otras situaciones exteriores	
✓ Hasta barras # 36	40
✓ Barras # 43 y # 57	50
Fondo de losa hormigonadas en situ	
✓ Hasta barras # 36	25
✓ Barras # 43 y # 57	50
Encofrados inferiores para paredes prefabricados	20
Pilotes prefabricados de hormigón armado	
✓ Ambientes no corrosivos	50
✓ Ambientes corrosivos	75
Pilotes prefabricados de hormigón pretensados	50
Para hormigonados en situ	
Ambientes no corrosivos	50
Ambientes corrosivos	
✓ En general	75
✓ Armadura protegida	75
Cáscaras	50
Hormigón colocado en lodo bentónico, hormigón colocado por el sistema tremie o construcción con lechada	75

Fuente: *Norma AASHTO LRFD 2014***2.11.8 SEPARACION DE LAS BARRAS****Separación mínima**

La separación mínima que indica el Artículo (5.10.3) de la norma AASHTO LRFD

Separación horizontal: Para el hormigón colado in situ, la distancia libre entre barras paralelas ubicadas en una capa no deberá ser menor que 1.5 veces el diámetro nominal de las barras, 1.5 veces el tamaño máximo del agregado grueso, o 4.0 cm.

Separación vertical: Excepto en los tableros en los cuales se coloca armadura paralela en dos o más capas, con una distancia libre entre capas no mayor que 15 cm, las barras de las capas

superiores se deberán ubicar directamente sobre las de la capa inferior, y la distancia libre entre capas deberá ser mayor o igual que 2.5 cm o el diámetro nominal de las barras.

### **Separación Máxima**

Según lo estipulado en el Artículo 5.10.3.2 AASHTO LRFD La separación de la armadura en tabiques y losas no deberá ser mayor que 1.5 veces el espesor del elemento o 45 cm.

### **2.11.9 CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN (EC)**

El módulo de elasticidad del hormigón,  $E_c$  se puede calcular como la raíz cubica del módulo de elasticidad del agregado  $E_a$ , por la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión del hormigón  $f'_c$  y por el factor 1.15, de esta manera queda la siguiente formula:

$$E_c = 1.15 * \sqrt[3]{E_a} * \sqrt{f'_c}$$

Donde:

- ✓  $E_c$  = Módulo de elasticidad para el hormigón (GPa)
- ✓  $E_a$  = Módulo de elasticidad del agregado (GPa)
- ✓  $f'_c$  = Resistencia a la compresión del hormigón (MPa)

Esta ecuación dispone una mejor estimación de  $E_c$  para los materiales del Ecuador y será usada para la estimación de deflexiones ante cargas estáticas y a niveles de servicio de elementos a flexión de hormigón armado o pretensado.

En la NEC-SE-HM, sección 3.3.3, se puede encontrar la tabla 11, donde se encuentra valores típicos del módulo de elasticidad del agregado,  $E_a$  que se encuentran en el Ecuador.

En los modelos elásticos de estructuras que se diseñan para acciones sísmicas de acuerdo con los métodos de la NEC-SE-DS, el módulo de elasticidad del hormigón,  $E_c$  (GPa), será calculado para hormigones de densidad normal de esta manera:

$$E_c = 4.7 * \sqrt{f'_c}$$

Donde:

$E_c$  = Módulo de elasticidad para el hormigón (GPa)

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del hormigón (MPa)

A continuación, se adjudica la siguiente tabla en la cual se presentan valores típicos del módulo de elasticidad de los agregados  $E_a$ , que se encuentran en nuestro país. (pág. 33-34)

**Tabla 7**  
*Módulo de elasticidad de los agregados*

<b>TIPO</b>	<b>PROCEDENCIA</b>	<b><math>E_a</math> (GPa)</b>
Caliza (Formación. San Eduardo)	Guayaquil –Guayas	67.9
Chert (Formación. Guayaquil)	Guayaquil –Guayas	15.8
Diabasa (Formación. Piñón)	Chivería –Guayas	89.3
Tonalita	Pascuales –Guayas	74.9
Basalto (Formación. Piñón)	Picoazá – Manabí	52.5
Basalto	Pifo – Pichincha	27.2
Ígnea (Andesitas, basaltos, Granodioritas)	Río Jubones – El Oro	110.5
Volcánica	La Península –Tungurahua	17.5

Fuente: *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-2014)*

### **2.11.10 CALIDAD DEL CONCRETO**

La calidad del concreto depende explícitamente de la dosificación de las mezclas del hormigón, esta debe cumplir ciertas características como son:

- ✓ Consistencia y manejabilidad con el objetivo de que la mezcla de hormigón pueda distribuirse adecuadamente a través de la armadura de refuerzo sin que existan excesos de segregación o exudación.
- ✓ Resistencia en ambientes expuestos
- ✓ Cumplimiento de todos los ensayos de resistencia de hormigón.

### **2.11.11 REQUISITOS DE RESISTENCIA**

La resistencia requerida o últimas  $U$ , debe ser, por lo menos, igual al efecto de las cargas mayoradas en las combinaciones de cargas de la NEC-SE-CG. Las combinaciones de carga para el método de última resistencia utilizado en las NEC se encuentran descritas en la sección 3.4.

“La resistencia de diseño proporcionada por un elemento, sus conexiones con otros elementos, así como sus secciones transversales, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, deben tomarse como la resistencia nominal calculada, multiplicada por los factores  $\phi$  de reducción”.

El requisito básico para el diseño por resistencia puede expresarse de la siguiente manera:

Resistencia de diseño  $\geq$  Resistencia requerida

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

Donde:

$P_u$  = Resistencia a carga axial requerida

$M_u$  = Resistencia a momento requerida

$V_u$  = Resistencia a cortante requerida

### **2.11.12 ACERO DE REFUERZO**

El acero de refuerzo debe cumplir con lo especificado en la norma, es decir debe tener la separación mínima y/o máxima según el diseño.

En el capítulo 10.2 según la norma NEC-SE-HM indica que:

“El acero de refuerzo debe ser corrugado, excepto en espirales o acero pretensado, en los cuales se puede utilizar acero liso. Además, cuando la NEC-SE-HM así lo permita, se pueden utilizar conectores para resistir fuerzas de corte, perfiles de acero estructural o fibras dispersas”.

De la misma manera, las barras de refuerzo corrugado cumplirán con los requisitos de las siguientes normas que se encuentren vigentes, a excepción de (\*):

- ✓ Acero al carbón: INEN 102.
- ✓ Acero de baja aleación: INEN 2167.
- ✓ Acero inoxidable: ASTM A 995 M.
- ✓ Acero de rieles y ejes: ASTM A 996 M. Las barras de acero provenientes de rieles serán del tipo R.

(\*) “Se permite usar barras de refuerzo, que cubren las normas ASTM A 1035, para refuerzo transversal (estribos, zunchos o espirales) en estructuras sismo resistente o estructuras sometidas a flexión y cargas axiales”.

Las barras de acero corrugadas cumplirán los requisitos de las normas INEN enumeradas en la presente sección. Para barras con  $f_y$  mayor que 420 MPa, la resistencia a la fluencia, será el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0.0035.

Se deben cumplir a cabalidad las siguientes normas citadas por la NEC-SE-HM. 10.2 y 10.3: (pág. 105-106)

- ✓ Las parrillas formadas con barras de refuerzo para hormigón cumplirán con los requisitos establecidos en las normas INEN 102 ó INEN 2167, RTE INEN 016 y ASTM A 184 M.

Además, en el (AMERICAN CONCRETE INTITUTE, 2014) ACI-318-14 en los capítulos 6 y 12 expone algunos requisitos según se lo requiera.

- ✓ El alambre corrugado para refuerzo del hormigón cumplirá con las normas NTE INEN 1511, RTE INEN 045 y ASTM A 496 M. El alambre será mayor o igual que el tamaño MD 25 y menor o igual que el tamaño MD 200 ( $25 \leq MD \leq 200$ ); excepto lo permitido en el numeral 1.2.2.3.6. Para alambres con  $f_y$  mayor a 420 MPa, la resistencia a la fluencia será el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0.0035.

### **2.11.13 CORTE Y DOBLEZ**

A menos que se especifiquen límites más reducidos en los documentos del contrato, las varillas rectas deben tener una tolerancia longitudinal de 2.5 cm y las varillas dobladas deberán medirse de exterior a exterior. El corte y dobléz de las varillas de refuerzo deberán cumplir con los requerimientos del Capítulo 7 del ACI 318 (“Detalles de refuerzo”).

### **2.11.14 EMPALMES DE VARILLAS**

#### **2.11.14.1 TRASLAPES**

Los traslapes del refuerzo longitudinal se realizará en forma alternada, puede ser columnas vigas o muros.

Se cita a continuación dos puntos importantes que hace referencia la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014) en su capítulo 3.4.7.

- ✓ En ningún caso se podrá traslapar más del 50% del refuerzo en la longitud de traslape.
- ✓ La distancia entre traslapes alternos debe ser mayor que 30 veces el diámetro de la varilla de refuerzo.

#### **2.11.14.2 INSTALACIÓN**

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014) manifiesta lo siguiente:

Para la instalación, la superficie del refuerzo deberá estar libre de capas de corrosión. Una película delgada de oxidación o escamas de fábrica no son objetables, ya que incrementan la adherencia del acero al hormigón.

El refuerzo deberá ser colocado a una distancia mínima de la superficie del hormigón tal como se indica en el Capítulo 7 del ACI 318. Este recubrimiento evita el pandeo bajo ciertas condiciones de carga de compresión, evita la oxidación cuando se exponga al clima y la pérdida de resistencia cuando se expone al fuego.

El refuerzo deberá estar apropiadamente espaciado, empalmado, amarrado, firme en su posición y ahogado para conseguir el recubrimiento requerido para todas las superficies de hormigón. Independientemente del doblado, todas las partes del acero de refuerzo deben tener el recubrimiento especificado. (pág. 37)

#### **2.11.14.3 CUANTÍA DE REFUERZO**

La cuantía de refuerzo para muros estructurales de hormigón es tal que, tanto en el eje longitudinal  $\rho_v$ , como en el eje transversal  $\rho_n$ :

$$\rho_v \geq 0.0025$$

$$\rho_n \geq 0.0025$$

Por lo tanto:

- ✓ Espaciamiento máximo entre refuerzos: 250 mm.
- ✓ El refuerzo requerido por fuerzas cortantes se debe distribuir uniformemente.

Se debe usar al menos doble malla de refuerzo en cualquier muro estructural de hormigón de más de 150 mm de espesor.

#### **2.11.14.4 REFUERZO TRANSVERSAL**

Expondremos el texto completo del capítulo 6.1.4 de la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014) que dice:

Limitación: el refuerzo transversal se puede eliminar en el elemento cuando el esfuerzo de compresión sea menor que  $0.15f_c$ .

Las columnas en pórticos con diagonales, los cabezales y los elementos confinantes de muros de mampostería confinada en combinaciones de carga que incluyan sismo, deben tener refuerzo transversal, con las especificaciones contenidas en la sección 4.3.4, en la longitud total del elemento.

Los elementos de borde de muros estructurales de Hormigón y los elementos confinantes de muros de mampostería confinada deben ser diseñados para resistir todas las cargas verticales, incluyendo cargas tributarias y peso propio, así como las cargas verticales necesarias para resistir el momento de volteo debido al sismo.

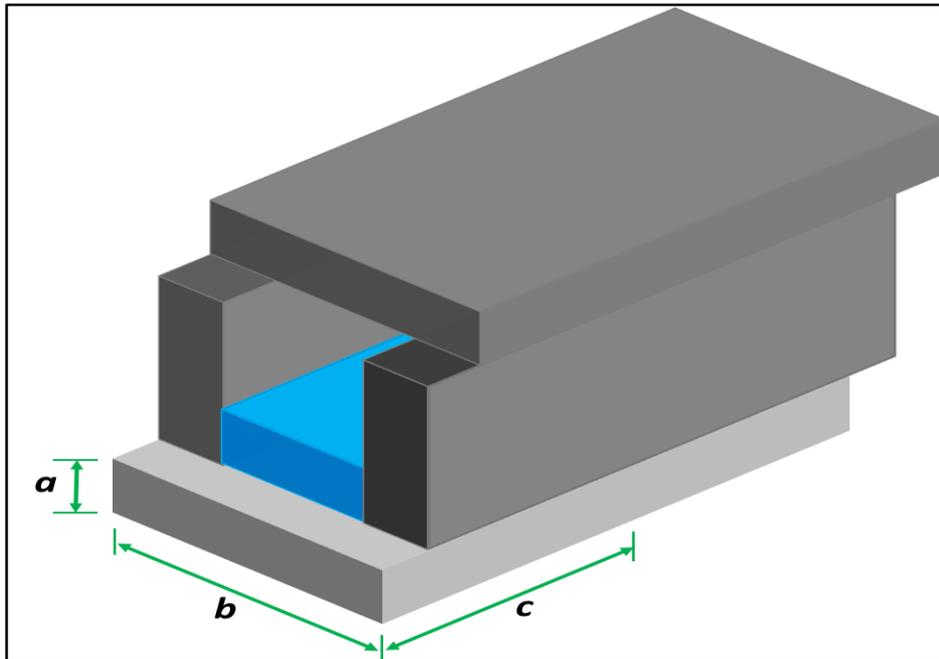
El refuerzo transversal de los muros estructurales debe anclarse en el elemento de borde, de tal manera que sea capaz de desarrollar los esfuerzos de fluencia.

#### **2.11.14.5 REFUERZO LONGITUDINAL**

Todo refuerzo longitudinal de muros estructurales, pórticos con diagonales, elementos confinantes de muros de mampostería confinada y cabezales. Se debe anclar de acuerdo con las especificaciones para refuerzo en tracción del Capítulo 21 (Estructuras Sismo Resistentes) del código ACI 318. (pág. 69-70)

### 2.11.15 PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA DE DISEÑO

El peso propio de la estructura depende basicamente del peso especifico del elemento a considerar, de sus dimensiones como el espesor y ancho, para este estudio tomaremos el peso propio de la estructura por metro lineal para posterior realizar el calculo respectivo.



**Figura 7.** Estructura ducto-cajón  
Fuente: Tesis

En la figura 7 se puede observar que esta estructura esta formada por 4 elementos, dos losas y dos muros, el peso propio es el producto de sus dimensiones por el peso especifico, es importante indicar que el peso especifico del hormigon armado es de  $2400 \text{ kg/m}^3$ , se detalla a continuación mediante un ejemplo.

Datos:

Peso especifico  $\gamma_h = 2400 \text{ kg/m}^3$

Largo = c

Ancho = b

$$PP = a * b * c * \gamma h$$

$$PP = a * b * 1m * 2400 \text{ kg/m}^3$$

Se puede decir entonces que el peso propio de la estructura es el producto del espesor, por el peso específico del hormigon, por el ancho y por un metro lineal, de la misma manera se debe realizar los calculos respectivos para los muros.

### **2.11.16 CARGAS QUE ACTUAN EN UNA ESTRUCTURA**

Las cargas son aquellas fuerzas ejercidas gravitatoriamente sobre una base, plano o estructura, estas cargas pueden ser uniformemente repartida, variada o puntual que pueden actuar perpendicular, lateral o puede tener un ángulo con respecto al plano, estas cargas dependen del peso de los materiales, personas, camiones, efectos de medio ambiente como pueden ser la lluvia, viento y fenómenos naturales como son los sismos. Estas cargas pueden llegar a ser de dos tipos:

- ✓ Carga Muerta
- ✓ Carga Viva

#### **2.11.16.1 CARGA MUERTA**

Es el peso de todos los materiales, dispositivos de servicio, y otros elementos soportados por la estructura incluido su peso propio.

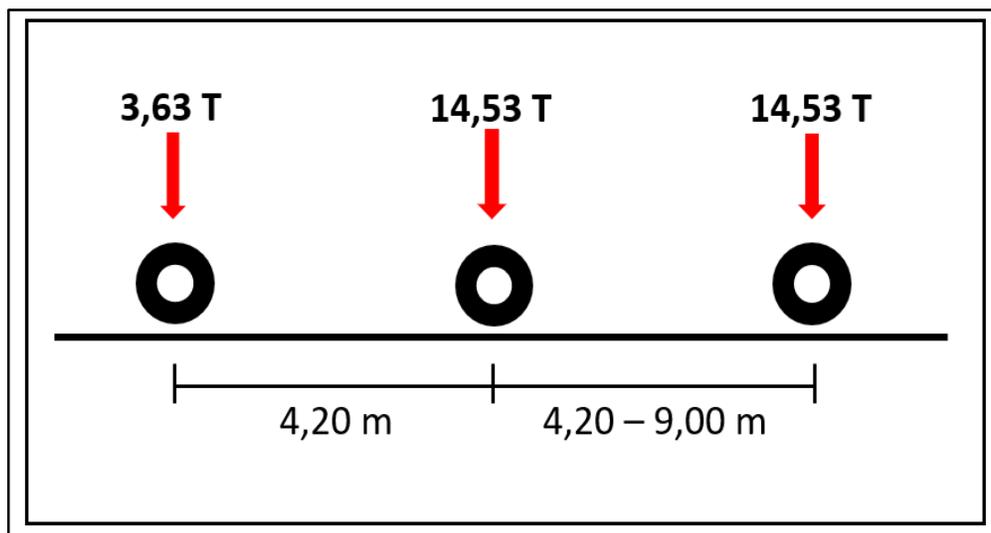
#### **2.11.16.2 CARGA VIVA**

Es el peso de personas, muebles, cargas móviles como agua y camiones, entendiéndose por muebles tipo de servicio que se va a dar.

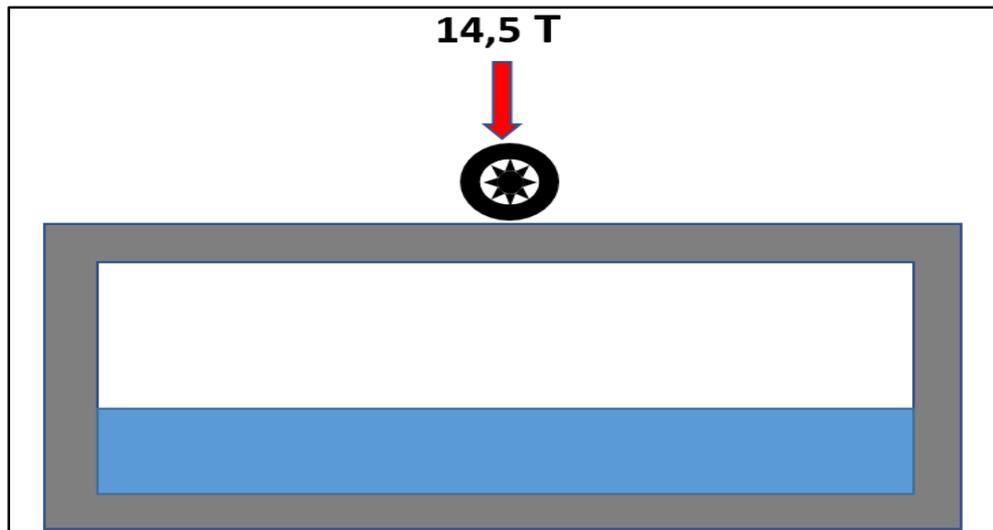
La carga viva según método de diseño FRDF se considera el camión de diseño HL-93. Se toma la carga puntual de mayor peso, el cual va a actuar de forma más crítica en el centro de luz del ducto, esta carga está representada en el sentido longitudinal como podemos ver en la figura

Ahora bien, en la siguiente representación se puede observar la carga en sentido transversal, el cual se realizará la siguiente hipótesis. Si observamos que las cuatro llantas tienen una carga viva de 14.53 T. con una distancia de 1.80 m, entonces las dos llantas tienen la mitad de la carga antes mencionadas y como se analizará en un metro de losa como lo indica la norma para losas macizas, la carga a considerar será la mitad de la carga puntual que mayor peso tiene.

La carga viva considerada para su cálculo es 7.3 T.



**Figura 8.** Sección transversal de alcantarilla ducto-cajón  
Fuente: Norma AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges



**Figura 9.** Sección transversal de alcantarilla ducto-cajón  
Fuente: Norma AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges

## 2.12 REACCIÓN DEL SUELO

El suelo es un elemento básico que siempre será parte de las construcciones en general. El suelo es el soporte de cualquier estructura, juega un papel determinante, bien como elemento estructural-soporte de lo que se le coloca encima, como material aprovechable para terraplenes y/o rellenos, bien incluso como material de construcción en diques, presas u otras obras de tierras comunes en todas las obras civiles. El suelo es un elemento básico que siempre será parte de las construcciones en general.

## 2.13 EL SUELO COMO ELEMENTO PORTANTE DE LAS CIMENTACIONES

Las cargas que transmite la cimentación a las capas del terreno causan tensiones y, por tanto, deformaciones en la capa del terreno soporte. Como en todos los materiales, la deformación depende de la tensión y de las propiedades del terreno soporte. Estas deformaciones tienen lugar siempre y su suma produce asentamientos.

El comportamiento del suelo sometido a tensión o esfuerzo depende de la densidad y la relación proporcionada aire y agua, estas propiedades cambian en el transcurso del tiempo.

La resistencia de los suelos a la deformación depende, sobre todo, de su resistencia a la fuerza cortante. Esta resistencia equivale, a su vez, a la suma de dos componentes: fricción y cohesión.

La resistencia de fricción surge de la anomalía de los contactos entre partículas y es proporcional a la fuerza perpendicular entre ellas. Mientras que la cohesión es la resistencia máxima a la tensión del suelo y es consecuencia de las fuerzas de afinidad que hay entre gránulos en relación interna y no depende de la presión normal. Sin embargo, es muy raro encontrar esta cohesión verdadera, lo más frecuente es que los suelos poseen cierta resistencia friccional.

#### **2.14 TEORIA DE RANKINI**

Su teoría indica que para poder obtener la magnitud de los empujes del suelo sobre los muros se basa en las siguientes hipótesis:

- ✓ No existe fricción entre el suelo y el muro
- ✓ El suelo es una masa isótropa y homogénea
- ✓ El paramento interno del muro es vertical, es decir,  $\alpha = 90^\circ$
- ✓ La resultante del empuje de tierras está dada por  $1/3$  de  $H$  medido desde su base
- ✓ La dirección del empuje es paralela a la inclinación de la superficie de la cuña, es decir forma un ángulo  $\beta$  con la horizontal

Según la teoría de Rankine los empujes activos y pasivos de tierras son respectivamente:

$$E_a = \frac{\gamma * H^2}{2} * K_a$$

$$E_p = \frac{\gamma * H^2}{2} * K_p$$

Y los coeficientes de los empujes resultan:

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

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

### 2.14.1 CÁLCULO DE LOS EMPUJES DEL TERRENO

Las paredes o muros de la estructura están sometidas por fuerzas denominadas empuje, es la fuerza que ejerce el suelo sobre las paredes del mismo, El empuje se debe tomar en cuenta el tipo de coeficiente ya sea activo o pasivo como indica Rankine en su teoría,

El análisis de este estudio está dado por un coeficiente  $k_a$  (coeficiente activo) que a continuación se lo detalla.

El ángulo de inclinación de la pared lateral es igual a cero, ángulo de talud del muro es igual a cero y de la misma forma el ángulo de rozamiento entre terreno y muro es cero, podemos decir que el empuje del terreno solo actúa en forma horizontal.

Los muros diseñados con este criterio ofrecen un comportamiento satisfactorio, en la tabla se detallará los coeficientes pasivos y activos según Rankine.

**Tabla 8**  
*Coefficientes de Empuje Activo*

COEFICIENTES DE EMPUJE ACTIVO									
$\phi$									
$\beta$	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°
0°	0.391	0.361	0.333	0.307	0.283	0.260	0.238	0.217	0.198
5°	0.396	0.366	0.337	0.310	0.286	0.262	0.240	0.219	0.200
10°	0.413	0.380	0.350	0.321	0.294	0.270	0.246	0.225	0.204
15°	0.448	0.409	0.373	0.340	0.311	0.283	0.258	0.235	0.213
20°	0.515	0.460	0.414	0.374	0.338	0.306	0.277	0.250	0.226
25°	0.700	0.573	0.494	0.434	0.385	0.343	0.307	0.275	0.246
30°	-	-	0.866	0.574	0.478	0.410	0.358	0.315	0.278

35°	-	-	-	-	-	0.597	0.468	0.391	0.334
40°	-	-	-	-	-	-	-	0.766	0.467

Fuente: (Fratelli, 1993)

**Tabla 9**  
*Coefficientes de Empuje Pasivo*

COEFICIENTES DE EMPUJE PASIVO									
$\beta$	$\phi$								
	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°
0°	2.561	2.770	3.000	3.255	3.537	3.852	4.204	4.559	5.045
5°	2.507	2.715	2.943	3.196	3.476	3.787	4.136	4.527	4.968
10°	2.346	2.551	2.775	3.022	3.295	3.598	3.936	4.316	4.244
15°	2.083	2.284	2.502	2.740	3.002	3.293	3.615	3.997	4.383
20°	1.714	1.917	2.132	2.362	2.612	2.886	3.189	3.526	3.904
25°	1.174	1.434	1.662	1.894	2.135	2.394	2.676	2.987	3.333
30°	-	-	0.866	1.306	1.571	1.827	2.094	2.380	2.694
35°	-	-	-	-	-	1.124	1.435	1.718	2.009
40°	-	-	-	-	-	-	-	0.766	1.257

Fuente: (Fratelli, 1993)

Vamos a la tabla que esta en la figura y vemos el angulo de friccion y el angulo de la pared que es cero, ese valor que sale de alli es el coeficiente de empuje activo el cual se reemplazará en la siguiente ecuación.

$$E = K_a * H * \gamma_{suelo}$$

## 2.15 DISEÑO SISMO RESISTENTE

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014) SE-DS, tiene como objetivo reducir el riesgo sísmico a niveles aceptables para el territorio ecuatoriano, en la sección 3.1. se encuentra descrito y con la vulnerabilidad de las edificaciones que se reducirá con la aplicación obligatoria de criterios y métodos de diseño especificados en la sección 4.

En la sección 2.1. manifiesta que:

“Para el caso de estructuras distintas a las de edificación, tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, presas, tuberías, etc., cuyo

comportamiento dinámico es distinto al de las estructuras de edificación, se deben aplicar consideraciones adicionales especiales que complementen los requisitos mínimos que constan en el presente documento”. (pag.24)

Es importante indicar que todos los requisitos, normas y especificaciones son de cumplimiento estricto y obligatorio a nivel nacional, es decir en todo el territorio ecuatoriano, Por ende, todos los profesionales, empresas, instituciones públicas y privadas tienen la obligación de cumplir y hacer cumplir los requisitos mínimos establecidos.

### **2.15.1 BASES DE DISEÑO**

Es importante recordar que la respuesta de una edificación a solicitaciones sísmica del suelo se identifica por aceleraciones, velocidades y desplazamientos de sus elementos, en particular de los pisos en el caso de edificios.

Se adaptará la filosofía de diseño basada en desempeño que está detallada en la sección 4.2.

La filosofía de diseño permite comprobar el nivel de seguridad de vida. El diseño estructural se hace para el sismo de diseño, evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, equivalente a un período de retorno de 475 años.

#### **2.15.1.1 REQUISITOS MÍNIMOS DE DISEÑO**

Para estructuras de ocupación normal el objetivo del diseño es:

- ✓ Prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- ✓ Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.

- ✓ Evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes.

Esta filosofía de diseño se consigue diseñando la estructura para que:

- ✓ Tenga la capacidad para resistir las fuerzas especificadas por esta norma.
- ✓ Presente las derivas de piso, ante dichas cargas, inferiores a las admisibles.
- ✓ Pueda disipar energía de deformación inelástica, haciendo uso de las técnicas de diseño por capacidad o mediante la utilización de dispositivos de control sísmico (pag 40)

Los requisitos presentados se basan en el comportamiento elástico lineal y no lineal de estructuras de edificación.

Los procedimientos y requisitos descritos en este capítulo se determinan considerando:

La zona sísmica del Ecuador donde se va a construir la estructura: el factor de zona  $Z$  correspondiente a la sección 3.1.2 y las curvas de peligro sísmico en las secciones 3.1.2 y 10.3

### **2.15.1.2 ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y FACTOR DE ZONA $Z$**

Se usa el valor de  $Z$  para edificios de uso normal, que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad .

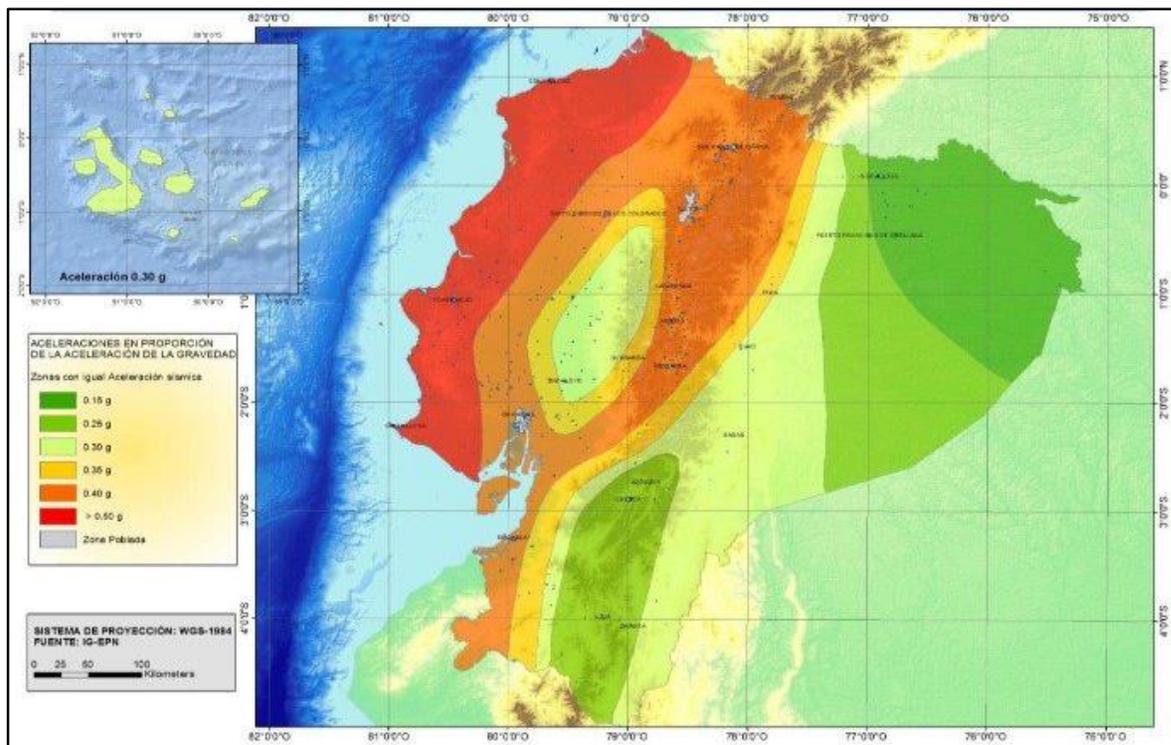
Se identificará el sitio donde se levantará el proyecto, la cual, será en una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, una vez identificado la zona se tomará el valor que lo caracteriza de acuerdo al mapa que se encuentra en la figura según la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014) SE-DS en el capítulo 3.1.1

Según el resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años, (periodo de diseño 472 años) da origen al mapa antes mencionado, por lo tanto, esta zonificación aporta con la tabla

**Tabla 10**  
Valores del factor Z en función de la zona sísmica 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: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)



**Figura 10.** Zona sísmica s del Ecuador

Fuente: NEC-14 SE-DS Norma Ecuatoriana de la Construcción Peligro Sísmico, Diseño Sismo Resistente

Está considerado que todo el territorio ecuatoriano es una amenaza sísmica alta, con excepciones del Nororiente, con amenaza sísmica intermedia, la costa ecuatoriana o Litoral está considerada como una amenaza sísmica muy alta.

Para mas ayuda y facilitar la determinacion de Z se adjunta la tabla que está detallada en la seccion 10.2 de la NEC-14 SH-DS, que incluyen un listado con algunas poblaciones con su respectivo valor.

En el caso de no constar la población o zona requerida en la lista, la norma recomienda escoger la población mas cercana.

**Tabla 11**  
*Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z*

<b>POBLACION</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>CANTÓN</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>Z</b>
Cuenca	Cuenca	Cuenca	Azuay	0.25
Chordeleg	Chordeleg	Chordeleg	Azuay	0.25
Gualaceo	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	0.25
Sevilla de Oro	Sevilla de Oro	Sevilla de Oro	Azuay	0.25
El Pan	El Pan	El Pan	Azuay	0.25
Paute	Chican (Guillermo Ortega)	Paute	Azuay	0.25
Guaranda	Guaranda	Guaranda	Bolívar	0.35
San Lorenzo	San Lorenzo	Guaranda	Bolívar	0.35
Santiago	Santiago	San Miguel	Bolívar	0.35
San José del Tambo	San José del Tambo	Chillanes	Bolívar	0.35
San Simón	San Simón (Yacoto)	Guaranda	Bolívar	0.35
San Miguel de Bolívar	San Miguel	San Miguel	Bolívar	0.35
San José de Chimbo	San Jose de Chimbo	Chimbo	Bolívar	0.35
Simatug	Simatug	Guaranda	Bolívar	0.30
San Luis de Pambil	San Luis de Pambil	Guaranda	Bolívar	0.30
Facundo Vela	Facundo Vela	Guaranda	Bolívar	0.30
Las Mercedes	Las Naves	Las Naves	Bolívar	0.30
Las Naves	Las Naves	Las Naves	Bolívar	0.30
San Luis de las Mercedes	San Luis de Pambil	Guaranda	Bolívar	0.30
Echeandía	Echeandía	Echeandía	Bolívar	0.30
Chillanes	Chillanes	Chillanes	Bolívar	0.40

Cañar	Cañar	Cañar	Cañar	0.30
El Tambo	El Tambo	El Tambo	Cañar	0.30
La Puntilla	Pancho Negro	La Troncal	Cañar	0.40
La Troncal	La Troncal	La Troncal	Cañar	0.40
Déleg	Déleg	Déleg	Cañar	0.25
Azogues	Azogues	Azogues	Cañar	0.25
Biblián	Biblián	Biblián	Cañar	0.25
Huaca	Huaca	San Pedro de Huaca	Carchi	0.40
El Playón de San Francisco	El Carmelo (El Pum)	Tulcán	Carchi	0.40
Mariscal Sucre	Mariscal Sucre	San Pedro de Huaca	Carchi	0.40
El Ángel	El Ángel	Espejo	Carchi	0.40
San Gabriel	San Gabriel	Montufar	Carchi	0.40
El Carmelo	El Carmelo (El Pum)	Tulcán	Carchi	0.40
La Libertad	La Libertad (Alizo)	Espejo	Carchi	0.40
Julio Andrade	Julio Andrade (orejuela)	Tulcán	Carchi	0.40
La Paz	La Paz	Montufar	Carchi	0.40
San Isidro	San Isidro	Espejo	Carchi	0.40
San José de Tinajillas	García Moreno	Bolívar	Carchi	0.40
Santa Martha de Cuba	Santa Martha de Cuba	Tulcán	Carchi	0.40
García Moreno	García Moreno	Bolívar	Carchi	0.40
Monte Olivo	Monte Olivo	Bolívar	Carchi	0.40
Piquiucho	Los Andes	Bolívar	Carchi	0.40
Pueblo Nuevo	San Rafael	Bolívar	Carchi	0.40
Pusir	San Vicente de Pusir	Bolívar	Carchi	0.40
Los Andes	Los Andes	Bolívar	Carchi	0.40
Mira	Mira (Chontahuasi)	Mira	Carchi	0.40
Bolívar	Bolívar	Bolívar	Carchi	0.40
Tufiñi	Tufiño	Tulcán	Carchi	0.40
Calpi	Cadi	Colta	Chimborazo	0.35
Pallatanga	Pallatanga	Pallatanga	Chimborazo	0.40

Pungal Grande	Guano	Guano	Chimborazo	0.40
Guano	Guano	Guano	Chimborazo	0.40
Penipe	Penipe	Penipe	Chimborazo	0.40
San Andrés	San Andrés	Guano	Chimborazo	0.40
San Andrés de Patulu	San Isidro de Patulu	Guano	Chimborazo	0.40
Valparaíso	Valparaíso	Guano	Chimborazo	0.40
San José de Chazo	San José de Chazo	Guano	Chimborazo	0.40
Guanando	Guanando	Guano	Chimborazo	0.40
Calpi	Calpi	Riobamba	Chimborazo	0.40
Licin	Riobamba	Riobamba	Chimborazo	0.40
Quimiag	Quimiag	Riobamba	Chimborazo	0.40
Asunción	Calpi	Riobamba	Chimborazo	0.40
Macaja	Riobamba	Riobamba	Chimborazo	0.40
Puela	Puela	Penipe	Chimborazo	0.40
Riobamba	Guano	Guano	Chimborazo	0.40
Ilapo	Ilapo	Guano	Chimborazo	0.40
San Gerardo	San Gerardo de Pacaicaguan	Guano	Chimborazo	0.40
San Antonio de Bayushig	San Antonio de Bayushig	Penipe	Chimborazo	0.40
Santa Fe de Galán	Santa Fe de Galán	Guano	Chimborazo	0.40
San Vicente	Riobamba	Riobamba	Chimborazo	0.40
Chambo	Chambo	Chambo	Chimborazo	0.40
Punín	Punín	Riobamba	Chimborazo	0.40
Licto	Licto	Riobamba	Chimborazo	0.40
Pungala	Pungala	Riobamba	Chimborazo	0.040
Yaruquies	Riobamba	Riobamba	Chimborazo	0.40
San Luis	San Luis	Riobamba	Chimborazo	0.40
Juan de Velasco	San de Velasco	Colta	Chimborazo	

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

### 2.15.1.3 GEOLOGÍA LOCAL

En la sección 3.2.1 la NEC-14 SH-DS, define seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan en la Tabla 12.

**Tabla 12**  
*Clasificación de los perfiles de suelo*

<b>Tipo de perfil</b>	<b>Descripción</b>	<b>Definición</b>
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s $N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s $50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa $V_s < 180$ m/s
<b>E</b>	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases: F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75) F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m) F5—Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte. F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

Nota: Para poblaciones con más de 100000 habitantes (que deberían disponer de estudios de microzonificación sísmica y geotécnica en su territorio) y sitios con suelo de tipo F, se realizará espectro de respuesta elástico de aceleraciones específico al sitio, basado en la geología, tectónica, sismología y características del suelo local. El espectro debe desarrollarse para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico de 5,00%, a menos que la utilización de otros valores sea consistente con el comportamiento estructural previsto y con la intensidad del sismo establecida para el sitio.

#### **2.15.1.4 FUNDAMENTOS DEL ESTUDIO DE PELIGRO SÍSMICO**

El capítulo 10, está basado en un estudio completo sobre diseño sísmico, de hecho el mapa de zonas sísmicas proviene de allí, en la sección 10.1 y 10.2 citaremos textualmente para conocimiento y guía de aprendizaje.(pags88-89-90)

- ✓ un estudio completo que considera fundamentalmente los resultados de los estudios de peligro sísmico del Ecuador actualizados al año 2011
- ✓ ciertos criterios adicionales que tienen que ver principalmente con la uniformidad del peligro de ciertas zonas del país, criterios de practicidad en el diseño, protección de ciudades importantes, irregularidad en curvas de definición de zonas sísmicas, suavizado de zonas de límites inter-zonas y compatibilidad con mapas de peligro sísmico de los países vecinos.

El mapa reconoce el hecho de que la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana es la principal fuente de generación de energía sísmica en el Ecuador. A este hecho se añade un complejo sistema de fallas local superficial que produce sismos importantes en gran parte del territorio ecuatoriano.

El estudio de peligro sísmico fue realizado de manera integral para todo el territorio nacional, de acuerdo con las metodologías actuales usadas a nivel mundial y a la disponibilidad de la información a nivel local, incluyendo:

- ✓ La evaluación de los principales eventos históricos acompañada de un estudio moderno de reevaluación de la magnitud y localización de dichos eventos utilizando el método de Bakun & Wentworth (Beauval et. al, 2010).
- ✓ El estudio de las principales fuentes sísmicas conocidas (corticales y de subducción) y sus mecanismos focales, que junto con la sismicidad y neotectónica, permitió modelar la geometría de las fuentes sismogénicas y sus parámetros sismológicos (rumbo, buzamiento, magnitud mínima de homogeneidad, tasa media de actividad sísmica, magnitud máxima probable y tasas de recurrencia).
- ✓ La modelación de la geometría de las fuentes sismogénicas se alimentó de la información geodésica reciente que proporciona el campo de velocidades del Ecuador a partir de mediciones GPS de precisión y de modelos del acoplamiento de segmentos de la subducción.
- ✓ El análisis de la homogeneidad y completitud de los catálogos sísmicos históricos para el Ecuador, construcción de un catálogo sísmico instrumental unificado a partir del catálogo del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (incluye la base de datos microsísmicos) y de catálogos internacionales tales como el Centennial (EHB), ISC, NEIC/USGS (PDE), GCMT/HRV y homogeneización de las magnitudes instrumentales a Mw.

- ✓ La modelación de más de 30.000 eventos, de los cuales, filtradas las réplicas, eventos premonitores, sismos volcánicos y enjambres, se obtuvieron 8.923 eventos sísmicos independientes de magnitud mínima de homogeneidad 4,5 y máxima 8,8 utilizados para el análisis.
- ✓ La utilización de las ecuaciones de predicción, validadas por el Global Earthquake Model, para las fuentes intraplaca (entre ellas las de Boore y Atkinson, 2008; Akkar y Boomer, 2010; Kanno et. al., 2006; Bindi et. al., 2009) y para las fuentes de subducción (Youngs et. el., 1997; Atkinson y Boore, 2003; Kanno et. al., 2006; McVerry et. al., 2006; Lin y Lee, 2008; Zhao et. al., 2006).
- ✓ Un estudio sobre las incertidumbres en los distintos parámetros utilizados, particularmente las ecuaciones de predicción.
- ✓ La modelación de la ocurrencia de los sismos como un proceso de Poisson, obteniéndose curvas de iso-aceleraciones en afloramiento rocoso para diferentes niveles de probabilidad anual de excedencia (inverso del período de retorno). El mapa de zonificación sísmica para diseño de la Figura 1 en la sección 3.1 proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI. Con ello se reconoce que los verdaderos resultados de peligro sísmico para un período de retorno de 475 años para la zona VI son en realidad mayores a 0.50 g y que han sido saturados a dicho valor para ser utilizados en estructuras de edificación de uso normal, por razones de tipo económico.

Se reconoce también que los resultados alcanzados hasta el momento en los estudios de peligro sísmico tienen un carácter dinámico, ya que reflejan el estado actual del conocimiento en la sismología y neotectónica del Ecuador. A medida que se tenga mayor información proveniente de las redes de sismógrafos y acelerógrafos que funcionan actualmente en el territorio nacional y de las nuevas redes en instalación, del conocimiento de las fallas activas y de mejores ecuaciones de predicción, ésta información será incluida en versiones posteriores de esta norma.

#### **2.15.1.5 ESTABLECIMIENTO DE LOS ESPECTROS**

Para el establecimiento del espectro mencionado y de sus límites, se consideraron los siguientes criterios:

- ✓ Estudio de las formas espectrales elásticas de los sismos ecuatorianos registrados en la Red Nacional de Acelerógrafos

A través de la recopilación de los registros de aceleración disponibles de sismos ecuatorianos, especialmente en roca y suelo firme, se estudiaron las formas espectrales de los mismos aplicando técnicas de promediado espectral (Yépez, F. et al., 2000).

- ✓ Simulación estocástica de acelerogramas artificiales y estudio de formas espectrales

A partir de los registros de aceleración reales disponibles y de la información sismológica del sismo real y del sismo mayor a simular (caída de esfuerzos, momento sísmico), se simularon registros artificiales mediante procesos estocásticos y funciones de Green. La simulación de varias familias de registros permitió estudiar la forma espectral de sismos mayores (Yépez, F et al., 2000).

- ✓ Estudio de las formas espectrales elásticas de las normativas ASCE 7-10 de los Estados Unidos y la NSR-10 de Colombia, ambas del 2010.

Se estudiaron (a base de Dickenson, S (1994), Seed et al. (1997 y 2001), Tsang et al. (2006), TenaColunga, et al. (2009) y Vera Grunauer, X (2010), Huang et.al., (2010)):

- ✓ las formas espectrales,
- ✓ los factores de amplificación dinámica de las aceleraciones espectrales,
- ✓ las frecuencias fundamentales de vibración,
- ✓ la meseta máxima,
- ✓ la ecuación de la curva de caída
- ✓ los factores de comportamiento inelástico de suelos

Debido a la imposibilidad de utilizar la ductilidad para disminuir la ordenada espectral elástica para períodos cortos con fines de diseño y, únicamente para el análisis sísmico estático y para el análisis sísmico dinámico del modo fundamental de vibración, se eliminó el ramal izquierdo de ascenso de los espectros elásticos de respuesta típicos y se estableció que la meseta máxima llegue hasta valores de períodos de vibración cercanos a cero.

- Las estructuras de uso normal deberán diseñarse para una resistencia tal que puedan soportar los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño, considerando la respuesta inelástica, la redundancia, la sobre resistencia estructural inherente y la ductilidad de la estructura.
- Para las estructuras de ocupación especial y edificaciones esenciales, además de los requisitos aplicables a las estructuras de uso normal, se aplicarán verificaciones de comportamiento inelástico para diferentes niveles de terremotos. Mas detalles se encontrarán en la sección 4.3.
- La resistencia mínima de diseño para todas las estructuras deberá basarse en las fuerzas sísmicas de diseño establecidas en el presente capítulo: o El nivel de desempeño sísmico (Véase

sección 4.3.2) o El tipo de sistema y configuración estructural a utilizarse (Véase sección 5.2) ,o los métodos de análisis a ser empleados (Véase secciones 6 y 7). El objetivo de desempeño de la filosofía de diseño basada en desempeño, busca evitar la pérdida de vidas a través de impedir el colapso de todo tipo de estructura. Se añade el objetivo de protección en mayor medida y de garantía de funcionalidad luego de un evento sísmico extremo (véase sección

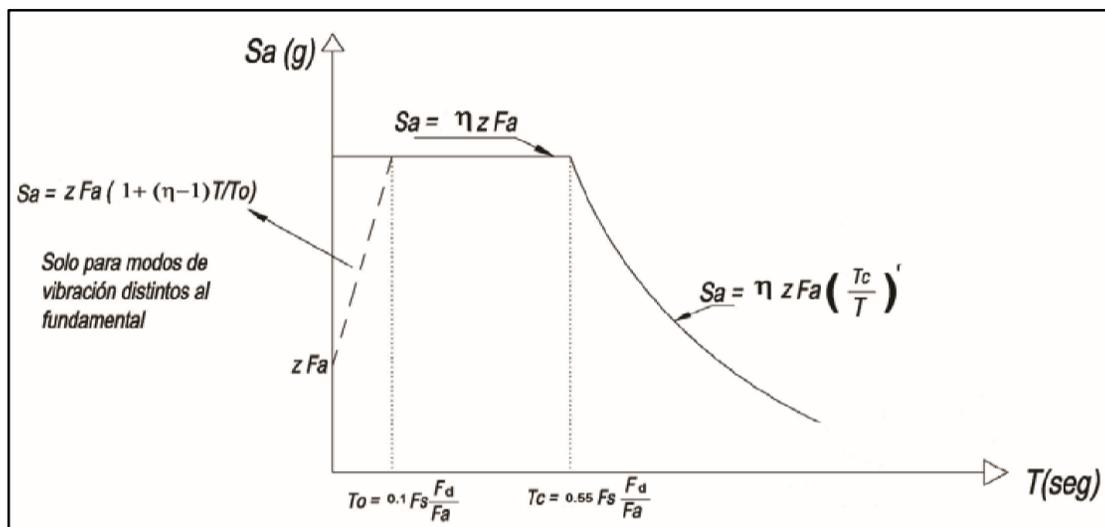
4.3.1) para las estructuras de ocupación especial y esencial.

Sin embargo, las actuales tendencias en el mundo se dirigen no sólo a la protección de la vida, sino también a la protección de la propiedad y a la búsqueda del cumplimiento de diversos niveles de desempeño sísmico, para cualquier tipo de estructura.

Se consideraran los siguientes niveles de frecuencia y amenaza sísmica (véase sección 4.3.1):

- Frecuente (menor)
- Ocasional (moderado)
- Raro (severo): sismo de diseño (período de retorno de 475 años)
- Muy raro (extremo): período de retorno de 2500 años (véase específicamente la sección 4.2).

### 2.15.1.6 ESPECTRO ELÁSTICO HORIZONTAL DE DISEÑO EN ACELERACIONES



**Figura 11.** Espectro de Diseño  
Fuente: ACI (AMERICAN CONCRETE INTITUTE, 2014)

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$ , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la **Figura 11**, consistente con:

- el factor de zona sísmica  $Z$ ,
- el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,
- la consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$ .

Donde:

- ✓  $\eta$  = Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
- ✓  $F_a$  = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- ✓  $F_d$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- ✓  $F_s$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
- ✓  $S_a$  = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del período o modo de vibración de la estructura
- ✓  $T$  = Período fundamental de vibración de la estructura

- ✓  $T_0$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- ✓  $T_C$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- ✓  $Z$  = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$

Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para períodos de vibración estructural  $T$  pertenecientes a 2 rangos:

$$S_a = \eta * Z * F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_C$$

$$S_a = \eta * Z * F_a \left(\frac{T_C}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_C$$

Donde:

- ✓  $\eta$  = Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
- ✓  $r$  = Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
- ✓  $r = 1$  para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
- ✓  $r = 1.5$  para tipo de suelo E.
- ✓  $S_a$  = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del período o modo de vibración de la estructura
- ✓  $T$  = Período fundamental de vibración de la estructura

- ✓  $T_C$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- ✓  $Z$  = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ .

Asimismo, de los análisis de las ordenadas de los espectros de peligro uniforme en roca para el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que se obtienen a partir de los valores de aceleraciones espectrales proporcionados por las curvas de peligro sísmico de la sección 3.1.2 y, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno  $Z$ , se definieron los valores de la relación de amplificación espectral,  $\eta$  ( $S_a/Z$ , en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

- $\eta = 1.80$  : Provincias de la Costa ( excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$  : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$  : Provincias del Oriente Los límites para el período de vibración  $T_C$  y  $T_L$  (este último a ser utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos definido en la sección 3.3.2 se obtienen de las siguientes expresiones:

$$T_C = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_L = 2.4 * F_d$$

Donde:

$F_a$  = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$F_d$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$F_s$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos

$T_C$  = Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$T_L$  = Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos.

NOTA: para los perfiles de suelo tipo D y E, los valores de  $T_L$  se limitarán a un valor máximo de 4 segundos.

Para análisis dinámico y, únicamente para evaluar la respuesta de los modos de vibración diferentes al modo fundamental, el valor de  $S_a$  debe evaluarse mediante la siguiente expresión, para valores de período de vibración menores a  $T_0$ .

$$S_a = Z * F_a * \left[ 1 + (\eta - 1) * \frac{T}{T_0} \right] \quad \text{para } T \leq T_0$$

$$T_0 = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Donde:

$\eta$  = Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

$F_a$  = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$F_d$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$F_s$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos

$S_a$  = Es el espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del período o modo de vibración de la estructura.

$T$  = Período fundamental de vibración de la estructura

$T_0$  = Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

$Z$  = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$

### **2.15.1.7 MEMORIA DE CÁLCULO**

Toda memoria de cálculo que el diseñador debe adjuntar a los planos estructurales, tendrá una descripción breve, el cual se detalla a continuación:

- ✓ los materiales a utilizarse y sus especificaciones técnicas,
- ✓ el sistema estructural escogido,
- ✓ el tipo, características y parámetros mecánicos de suelo de cimentación considerado (estipulado en la memoria del estudio geotécnico),
- ✓ el tipo y nivel de cargas seleccionadas, bien como sus combinaciones,
- ✓ los parámetros utilizados para definir las fuerzas sísmicas de diseño,
- ✓ el espectro de diseño o cualquier otro método de definición de la acción sísmica utilizada,

- ✓ los desplazamientos y derivas máximas que presente la estructura. La memoria de cálculo se acompañará del estudio geotécnico, el cual contendrá como mínimo:
- ✓ una descripción de la exploración geotécnica,
- ✓ los resultados de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos,
- ✓ la caracterización geotécnica del subsuelo,
- ✓ los análisis de los estados límite de falla,
- ✓ su capacidad de carga,
- ✓ los asentamientos estimados de la cimentación seleccionada durante su vida útil, tanto ante cargas permanentes como accidentales.

## **2.16 ESTUDIO DE SUELO**

En la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014) SE-GC ha desarrollado una investigación basados en otras normas del suelo y subsuelo, con la finalidad de dar a conocer a los profesionales los conocimientos adquiridos, las recomendaciones dadas en esta Norma son de vital importancia para su diseño de obras en contacto con el suelo, de tal forma, que se garantice la seguridad de las estructuras como para edificaciones, puentes, torres, silos, represas y demás, estas pueden ser, superestructuras y/o subestructuras que preserve la vida humana y evitar daños a construcciones vecinas.

Su objetivo principal es establecer requisitos para proporcionar criterios básicos a utilizarse en los estudios geotécnicos para edificaciones, basados en la investigación del subsuelo, geomorfología del sitio y características estructurales de la edificación con el fin de proveer recomendaciones geotécnicas de diseño para cimentaciones futuras, rehabilitación o reforzamiento de edificaciones existentes. (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014).(pág. 13)

Las cimentaciones superficiales o profundas cumplirán con los parámetros necesarios así también como para su excavación.

### **2.16.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

Como ya se manifestó anteriormente, se comprobarán los diseños de excavaciones y cimentaciones de acuerdo con los siguientes estados límite:

- ✓ Capacidad de carga bajo criterio de resistencia al corte.
- ✓ Capacidad de carga bajo criterio de asentamiento

### **2.16.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO**

El estudio que se elabora para un proyecto específico en el cual se debe precisar todo lo referente a las propiedades físicas y geomecánicas del subsuelo, así como las recomendaciones minuciosas para el diseño y construcción de todas las obras afines (véase 3).

Dentro del estudio geotécnico se incluye:

- ✓ Ensayos de campo (véase 3.4 y 3.5).
- ✓ Ensayos de laboratorio (véase 3.8). Asesoría geotécnica en las etapas de diseño de cimentaciones, estructuras y sistemas de contención, y excavaciones.

### **2.16.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO**

La adecuada caracterización del subsuelo es uno de los principales elementos que permite un diseño seguro y económico de la cimentación de las estructuras. Para conseguir esta caracterización, se deberá tener conocimiento del tipo de proyecto y la variabilidad de los estratos en el sitio de implantación de la estructura.

Según (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014) SH-GC en el capítulo 3 se precisarán unidades de construcción y su importancia en función de la altura y cargas a transmitir, de tal forma que se determine el número mínimo de sondeos, distribución y profundidad de los

sondeos y perforaciones que aporte información de la extensión, espesor, y profundidad de los estratos potencialmente portantes.

El ingeniero civil especialista en geotecnia deberá presentar en forma clara un modelo geotécnico del subsuelo de diseño donde se consideren las incertidumbres epistémicas y aleatorias.

Con este fin, el ingeniero civil podrá aumentar el número o la profundidad de los sondeos, dependiendo de las condiciones locales y los resultados iniciales de la exploración. En el estudio geotécnico deberá indicar en forma clara la identificación del tipo de perfil del sitio (A, B, C, D, E o F) según las clasificaciones indicadas en los procedimientos de la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) SE+-DS.

Se deberá investigar sobre las características del sector como pueden ser:

- ✓ Geología.
- ✓ Clima.
- ✓ Vegetación.
- ✓ Edificaciones e infraestructuras vecinas.
- ✓ Estudios anteriores.
- ✓ Otros aspectos adicionales que el ingeniero geotécnico considere necesarios.

La investigación comprende de manera necesaria la visita o reconocimiento del sitio del proyecto para poder manejar de mejor manera los estudios y análisis mencionados anteriormente.

#### **2.16.4 MÉTODOS PERMITIDOS PARA LA EXPLORACIÓN DE CAMPO**

La sección 3.4 der la NEC-14 HS-GC presenta los requisitos para realizar la exploración de campo del estudio geotécnico definitivo. Se trata principalmente del número de sondeos, aunque otros métodos también son permitidos.

#### **2.16.4.1 EXPLORACIÓN DIRECTA**

La norma indica que se podrá utilizar cualquier método de exploración directa, sondeo, muestreo reconocidos en la práctica, en correspondencia al tipo de material encontrado según informa la sección 3.2 ; tales como son:

- ✓ Calicatas o trincheras,
- ✓ Veletas,
- ✓ Cono estático CPT, dinámico DCP,
- ✓ Dilatómetro,
- ✓ Ensayo de Penetración Estándar, SPT.

“Se deberá utilizar las correcciones por energía u otros aceptados por la técnica actual. Se recomienda el uso del martillo tipo Seguro “SAFETY”, para obtener el valor de  $N_{60}$ ”estipulado en la norma (pág. 21)

$N_{60}$  = Número de golpes para penetrar en el suelo 30 cm para el 60 % de la energía teórica.

#### **2.16.4.2 EXPLORACIÓN INDIRECTA**

Así mismo, se podrá fusionar la exploración directa con métodos de exploración indirecta, como pueden ser los citados a continuación:

- ✓ Sondeos Eléctricos Verticales.
- ✓ Sísmica de Refracción (véase ASTM D577).
- ✓ Análisis Espectral de Ondas Superficiales.
- ✓ ReMi.

Otros métodos geofísicos podrían complementar, pero no substituirse a la exploración mediante sondeos

### 2.16.4.3 MACIZOS ROCOSOS

Cabe recalcar que según la norma los macizos rocosos se deben clasificar por cualquiera de los siguientes métodos:

- ✓ Rock Mass Rating (Bieniawski, 1976 y 1989).
- ✓ Parámetro Q (Barton, 1974).
- ✓ GSI (Hoek y Brown, 1980 y 1980a).

Es importante indicar que se realizará un levantamiento de las discontinuidades en los afloramientos, apliques o muestras.

Citando textualmente la sección 3.4.3 de la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014) DS-GC dice que:

El cumplimiento de estas normas mínimas no exime al ingeniero especialista geotécnico de realizar los sondeos exploratorios necesarios adicionales a los señalados anteriormente, para obtener un conocimiento adecuado del subsuelo, de acuerdo con su criterio profesional. En caso de no realizar estos sondeos, deberá consignar esta recomendación en su informe geotécnico. (pág.22)

Se deben cumplir con los ensayos en laboratorios, el profesional podrá llevar también pruebas de campo para poder determinar las propiedades geomecánicas.

Los equipos y metodología deben estar avalados técnicamente y reconocidos en el campo, así también, deberán estar patronados y calibrados siempre que este presente sus respaldos mediante correlaciones confiables que certifiquen confiabilidad.

#### **2.16.4.4 CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SONDEOS**

Siguiendo lo enmarcado en lo que establece la norma, nombraremos las características y distribución de los sondeos que deben cumplir con 6 disposiciones transcritas a continuación (pág. 22-23):

- ✓ Los sondeos con recuperación de muestras deben constituir como mínimo el 50% de los sondeos practicados en el estudio definitivo.
- ✓ En los sondeos con muestreo se deben tomar muestras cada metro a lo largo de toda la perforación.
- ✓ Al menos el 50% de los sondeos deben quedar ubicados dentro de la proyección sobre el terreno de las construcciones.
- ✓ Los sondeos practicados dentro del desarrollo del Estudio Preliminar pueden incluirse como parte del estudio definitivo - de acuerdo con esta normativa - siempre y cuando hayan sido ejecutados con la misma calidad y siguiendo las especificaciones dadas en el presente capítulo del Reglamento.
- ✓ El número de sondeos finalmente ejecutados para cada proyecto, debe cubrir completamente el área que ocuparán la unidad o unidades de construcción contempladas en cada caso, así como las áreas que aunque no queden ocupadas directamente por las estructuras o edificaciones, serán afectadas por taludes de cortes u otros tipos de intervención que deban ser considerados para evaluar el comportamiento geotécnico de la estructura y su entorno.
- ✓ En registros de perforaciones en ríos o en el mar, es necesario tener en cuenta el efecto de las mareas y los cambios de niveles de las aguas, por lo que se debe

reportar la elevación (y no la profundidad solamente) del estrato, debidamente referenciada a un nivel preestablecido (tabla 13) sobre el número mínimo de sondeos.

A continuación se expondrá en la tabla los sondeos mínimos de exploración que deben efectuarse en el terreno donde se implanará el proyecto.

**Tabla 13**

*Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción*

<b>CATEGORÍA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN</b>			
<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>ESPECIAL</b>
Profundidad mínima de sondeos: 6 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m.
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	mínimo de sondeos: 5

Fuente: *(Norma Ecuatoriana de la Constrcción NEC-SE-GC, 2014)*

Cabe recalcar que las normas establecidas en este capítulo según la NEC-14 SH-GC deberán cumplir los mínimos requerimientos, sin embargo según la sección 3.5.2 adiciona que:

Los sondeos realizados en la frontera entre unidades adyacentes de construcción de un mismo proyecto, se pueden considerar válidos para las dos unidades siempre y cuando domine la mayor profundidad aplicable.

En los casos que se tengan rellenos sobre el nivel actual del terreno natural en zonas bajas, donde se esperan encontrar en el subsuelo depósitos de suelos blandos, se deberá realizar sondeos profundos para definir las fronteras drenantes y estratos de suelo compresibles que participen en los asentamientos producto del incremento de esfuerzos geostáticos generados por los nuevos rellenos.

Para edificaciones esenciales o peligrosas y ocupación especiales (descritas en la Tabla 6 de la NEC-SE-DS) se deberá considerar la campaña de exploración directa (sondeos geotécnicos) e

indirecta (geofísicos), necesarias para generar un estudio geotécnico que garantice la estabilidad de la cimentación de las edificaciones a corto y largo plazo, es decir, durante la vida útil de la estructuras, y no solamente lo indicado en la Tabla 2 .

#### 2.16.4.5 PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS

Por lo menos el 50% de todos los sondeos debe alcanzar a la mayor profundidad entre las dadas en la Tabla 2, afectada a su vez por los siguientes criterios, los cuales deben ser justificados por el ingeniero geotécnico. La profundidad indicativa se considerará a partir del nivel inferior de excavación para subsuelos o cortes de explanación. Cuando se construyan rellenos, dicha profundidad se considerará a partir del nivel original del terreno, según manifiesta la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014). (pág.24)

Para su comprensión se detalla a continuación la siguiente tabla:

**Tabla 14**

*Profundidad mínima de los sondeos de acuerdo con el tipo de cimentación*

<b>TIPO DE OBRA CIVIL SUBTERRANEA</b>	<b>PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS</b>
Zapata	2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión
Pilotes	Longitud total del pilote más largo, más 4 veces el diámetro del pilote
Grupos de pilotes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud total del pilote más largo, más 2 veces el ancho del grupo de pilotes</li> <li>• 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión</li> </ul>
Excavaciones	Mínimo 1.5 veces la profundidad de excavación a menos que el criterio del ingeniero geotécnico señale una profundidad mayor según requerimiento del tipo de suelo.
Caso particular roca firme	En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme, de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción:

- 
- ✓ Categoría Baja: los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales.
  - ✓ Categoría Media: penetrar un mínimo de 2 metros en dichos materiales, o dos veces el diámetro de los pilotes en estos apoyados.
  - ✓ Categoría Alta y Especial: penetrar un mínimo de 4 metros o 2.5 veces el diámetro de pilotes respectivos, siempre y cuando se verifique la continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.
- 

Fuente: *(Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC, 2014)*

#### **2.16.4.6 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS SUELOS**

LA NEC-14 establece las características básicas mínimas de los suelos a determinar con los ensayos de laboratorio que son:

- ✓ Peso unitario.
- ✓ Humedad natural.
- ✓ Límites de Atterberg.
- ✓ Clasificación completa para cada uno de los estratos o unidades estratigráficas y sus distintos niveles de meteorización según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Así mismo, se debe decretar como mínimo las características de resistencia al esfuerzo cortante en cada uno de los materiales típicos encontrados en el sitio, como por ejemplo;

- ✓ Ensayos compresión simple o triaxial UU (no consolidado no drenado).
- ✓ Veleta de laboratorio.
- ✓ Resistencia índice (torvane, penetrómetro de bolsillo) o corte directo en muestras inalteradas de suelos cohesivos o finos.

- ✓ Estimaciones de la resistencia por medio de correlaciones con los ensayos de penetración estándar SPT (en arenas y suelos finos de consistencia rígida a muy dura) o de cono estático CPT en suelos arenosos y cohesivos o finos.

#### **2.16.4.7 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS ROCAS**

Las propiedades básicas mínimas de las rocas a determinar con los ensayos de laboratorio son:

- ✓ Peso unitario, densidad, porosidad.
- ✓ Compresión simple (o carga puntual).
- ✓ Alterabilidad de este material mediante ensayos de durabilidad o similares.

Estas propiedades están dadas en la sección 3.8.4 de la NEC, es importante recalcar que en la sección 3.5.4 las propiedades mecánicas e hidráulicas del subsuelo se determinan mediante ensayos tanto de campo como de laboratorio, como mínimo se debe determinar:

- ✓ Resistencia al esfuerzo cortante,
- ✓ Propiedades esfuerzo-deformación,
- ✓ Propiedades de compresibilidad,
- ✓ Propiedades de expansión,
- ✓ Propiedades de permeabilidad,
- ✓ Otras propiedades que resulten pertinentes de acuerdo con la naturaleza geológica del área.

#### **2.16.4.8 INFORME DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Dichos resultados de los ensayos realizados en laboratorio tienen que ser entregados al ingeniero geotécnico y/o entidad responsable del diseño de las excavaciones y cimentaciones indicada en la sección 3.8.6, (pág 28), el cual se determinará indicando lo siguiente :

- ✓ Tipo y número de ensayos

- ✓ Propiedades o características básicas
- ✓ Caracterización geomecánica detallada

### **2.16.5 COTAS DEL TERRENO**

Las cotas de terreno son las encargadas a encaminar el proyecto, ya que de eso depende mucho la pendiente y su funcionalidad, el estudio topográfico es la parte fundamental para dar la cota de partida y cota final de proyecto, es decir, que las cotas de terreno luego de un respectivo análisis se adopta las cotas de proyecto que serán aquellas a ser plasmadas en el proyecto en estudio.

El ducto será abscisado cada 10 m esto con la finalidad de tener un mejor control de los niveles que se darán al proyecto planteado para que su funcionalidad hidráulica sea exitosa, manteniendo los parámetros tanto de velocidad mínima y máxima.

### **2.17 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE SUMIDERO**

La capacidad de un sumidero de ventana depende principalmente de los siguientes factores:

- ✓ Condiciones de flujo de aproximación, expresada por el caudal y la altura de agua en el cordón de acera, a su vez interrelacionados por la geometría de la vía, su pendiente longitudinal y su rugosidad  $n$ .
- ✓ Longitud  $L$  de la ventana
- ✓ Para un mismo caudal y en relación a un sumidero de longitud  $L$ , su capacidad de captación  $Q_1$  disminuye con la pendiente longitudinal de la vía, puesto que la altura se hace menor y por lo tanto se reducen las cargas hidráulicas que inducen al ingreso lateral del agua.
- ✓ .La capacidad de los sumideros de ventana aumenta con incrementos de la pendiente transversal de la vía.

Algunas recomendaciones de tipo práctico que resultan de investigaciones experimentales deben ser consideradas.

La práctica ha demostrado que la eficiencia del sumidero de ventana, mejora ostensiblemente si en su proyecto se especifica una depresión en un sector adyacente a la abertura.

El efecto de las ondas superficiales que se generan en las alteraciones de los contornos, si el régimen de aproximación es supercrítico.

La dispersión de datos y por lo tanto la dificultad en la selección del coeficiente de descarga que interviene en la ecuación del flujo de descarga lateral.

### **2.17.1 MÉTODO DE CÁLCULO DEL SUMIDERO DE VENTANA NORMALIZADO.**

Las limitaciones establecidas en cuanto a las características de este tipo de sumidero se indican a continuación:

- ✓ Deberá tener una longitud mínima de 1.50 m.
- ✓ La depresión transversal en la calzada con un ancho mínimo de 0.30 m y un máximo de 0.60 m. La pendiente de esta depresión será hasta 8 %, con un valor mínimo de 2.5 cm de abertura para un ancho de depresión de 0.30 m.
- ✓ La altura máxima de la ventana, será de 0.15 m.
- ✓ El fondo del sumidero, deberá tener pendiente mínima de 2 % hacia la salida.
- ✓ Se recomienda el empleo de sumideros de ventana preferiblemente para pendientes longitudinales de calles menores al 3 al 5%.

### **2.18 CUNETAS Y SUMIDEROS**

Según lo indicado en la norma (Secretaría Del Agua, 1992) en el artículo 5.2.4 establece lo siguiente:

5.2.4.1 Las calles y avenidas forman parte del sistema de drenaje de aguas lluvias por lo que el proyectista del sistema de drenaje deberá participar, cuando sea posible, en el diseño geométrico de estas.

5.2.4.2 Las pendientes de las calles y la capacidad de conducción de las cunetas definirá el tipo y ubicación de los sumideros.

5.2.4.3 Para lograr un drenaje adecuado, se recomienda una pendiente mínima del 4 % en las cunetas. Pendientes menores podrán utilizarse cuando la situación existente así lo obligue. La pendiente transversal mínima de la calle será del 1 %.

5.2.4.4 Como regla general, las cunetas tendrán una profundidad máxima de 15 cm y un ancho de 60 cm en vías rápidas que no permitan estacionamiento. En vías que permitan estacionamiento el ancho de la cuneta podrá ampliarse hasta 1 m. Configuraciones diferentes podrán utilizarse cuando las condiciones así lo requieran.

5.2.4.5 La capacidad de transporte de una cuneta se calculará usando la fórmula de Manning modificada por Izzard, la que establece:

$$Q = 0.375 * y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z}{n}\right) * l^{\frac{1}{2}}$$

En donde:

- ✓ Q = Caudal, en m<sup>3</sup>/s;
- ✓ Z = Inverso de la pendiente transversal de la calzada;
- ✓ n = Coeficiente de escurrimiento (Manning);
- ✓ l = Pendiente longitudinal de la cuneta;
- ✓ y = Tirante de agua en la cuneta, en m.

**Tabla 15***Coefficiente de rugosidad de Manning*

<b>TIPO DE CUNETA</b>	<b>COEFICIENTE “n”</b>
Cuneta de concreto con buen acabado (frotachado fino)	0012
Pavimento asfáltico	
✓ Textura lisa	0.013
✓ Textura áspera	0.006
Cuneta de concreto con pavimento asfáltico	
✓ Textura lisa	0.013
✓ Textura áspera	0.015
Pavimentos de concreto	
✓ Acabado con plancha	0.014
✓ Acabado fino	0.016
✓ Acabado áspero	0.020

Fuente: *Reglamento Técnico de diseño de sistemas de alcantarillado.*

En el artículo 5.2.4.6 los sumideros deben instalarse según lo indicado:

- ✓ Cuando la cantidad de agua en la vía exceda a la capacidad admisible de conducción de la cuneta. Esta capacidad será un porcentaje de la teórica, la que se calculará según 5.2.4.5. El porcentaje estará en función de los riesgos de obstrucción de la cuneta.
- ✓ En los puntos bajos, donde se acumula el agua.
- ✓ Otros puntos, donde la conformación de las calles y manzanas lo haga necesario.

En el diseño del sumidero en el artículo 5.2.4.7 deberá considerarse la pendiente de la cuneta, el caudal del proyecto, las posibilidades de obstrucción y las interferencias con el tráfico vehicular.

5.2.4.8 El tipo y dimensiones del sumidero será plenamente justificado por el proyectista, pudiendo para ello, emplear cualquier método debidamente probado.

La norma (Secretaría Del Agua, 1992) en el artículo 5.1.6.2 del nivel 2 literal b establece lo siguiente:

**b) Alcantarillado pluvial.** Se utilizarán canales laterales, en uno o ambos lados de la calzada, cubiertos con rejillas metálicas que impidan el paso de sólidos grandes al interior de la cuneta y que, al mismo tiempo, resistan el peso de vehículos. El espaciamiento libre que normalmente se puede utilizar es de 0,03 m a 0,07 m entre barrotes y una dimensión típica de estos podría ser 0,005 m x 0,05 m. Las calles deberán ser adoquinadas o empedradas para mejorar la calidad de la escorrentía pluvial. Su sección transversal tendrá pendientes hacia las cunetas laterales de modo que se facilite el flujo rápido de la escorrentía hacia ellas. Los canales se construirán en ambos lados de cada calle. Si sus dimensiones así lo justificaren, especialmente para colectores, se utilizarán tuberías de hormigón simple convencionales. En todo caso, para evitar el aumento en la longitud del canal, se utilizará la ruta más corta hacia el curso receptor. La pendiente mínima que deberán tener estos canales será la necesaria para obtener su auto limpieza (0,9 m/s a sección llena).

El diámetro mínimo que deberá usarse en sistemas de alcantarillado será de 0,25 m para alcantarillado pluvial.

Para el diseño de las cajas de los colectores será considerado el diámetro de la tubería más el espesor de la caja, el espacio libre mínimo es de 0.60m x 0.60 m con el fin de poder dar el mantenimiento adecuado, la altura dependerá de la pendiente estimada, y el desarenador será

estimado por el diseñador ya que puede ir desde un el 20% hasta el 50% del ancho mínimo considerado.

### 3 CAPITULO

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO

#### 3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN

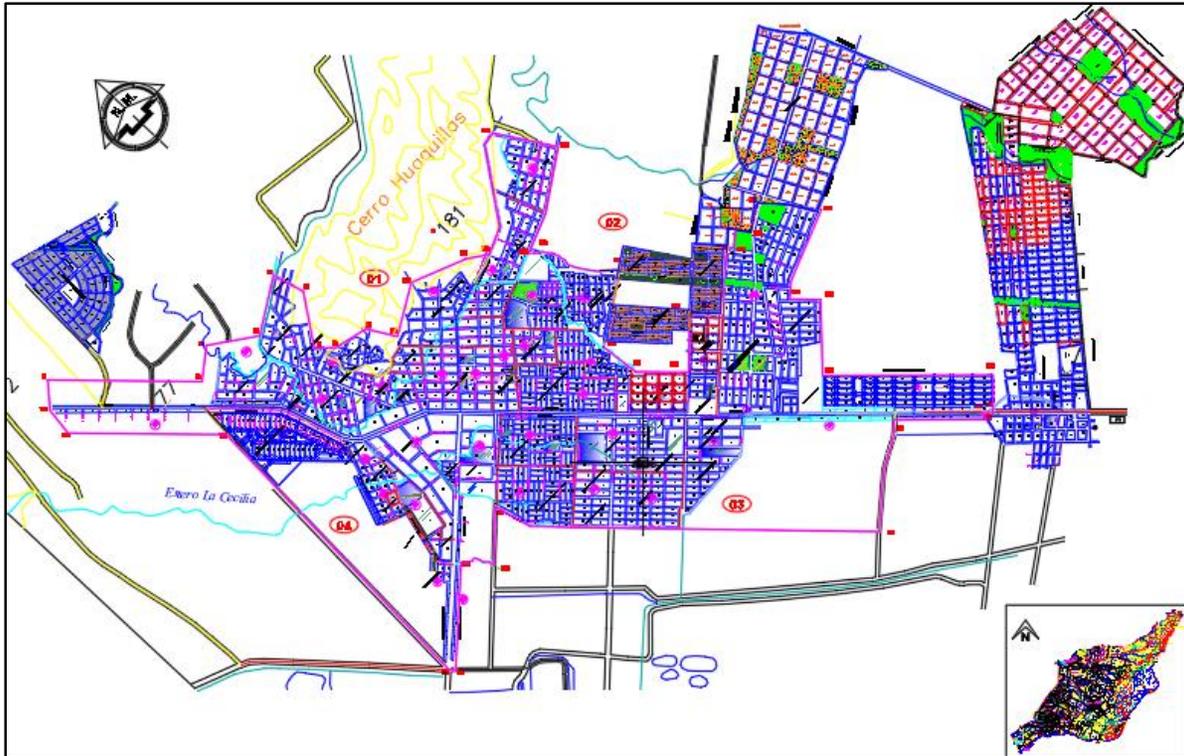
El cantón La Troncal es uno de los 7 cantones que pertenece a la provincia del Cañar y es el único que tiene diferente clima, es decir, de región costanero, pero pertenece a la provincia del Cañar, es considerado como la capital económica de la provincia.

Se encuentra localizado en la región 6 centro-sur del país, está ubicado en la zona vial que va hacia Guayaquil, Cuenca y Machala. (ver figura)



*Figura 12.* Ubicación geográfica del cantón La Troncal  
Fuente: Wikipedia

Se encuentra en la Zona occidental, en las llanuras de los Andes a no más de 200 msnm (metros sobre el nivel del mar) dentro de las siguientes coordenadas geográficas: latitud sur 2°28'22'' y 2°30'05'' y longitud oeste 79°14'14'' y 79°31'45''. La jurisdicción cantonal abarca alrededor de 100.000 ha, ocupando el tercer lugar de la extensión de la provincia del Cañar. Subdivididas en la siguiente forma:



**Figura 13.** Plano La Troncal 2016  
Fuente: GAD Municipal La Troncal

- ✓ Parroquia La Troncal 50.483,4 ha.
- ✓ Parroquia Manuel de J. Calle, 20.000,8 ha.
- ✓ Parroquia Pancho Negro 20.549,8 ha.

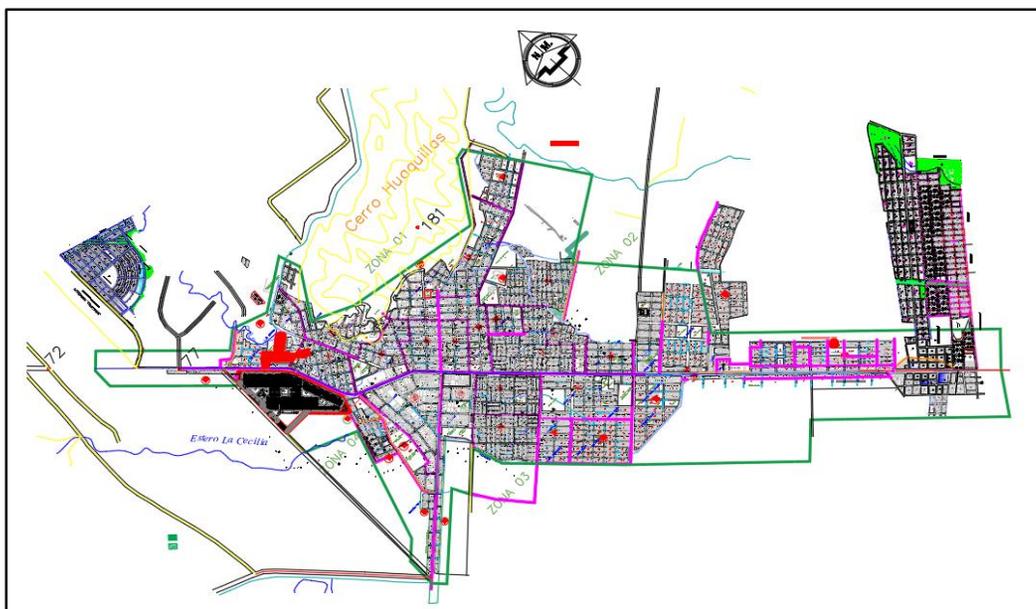
### 3.3 CLIMA

La Troncal está ubicado en el piso altitudinal S Tropical, con temperaturas que oscilan entre 18 °C y 24 °C, los datos climáticos presentados ratifican la presencia de dos estaciones muy marcadas: Época lluviosa (diciembre - mayo) con una temperatura promedio de 25.3 °C, en la que se registra mayor pluviosidad; y la época seca (junio - noviembre) con una temperatura de 23.9 °C en la que se registran menores pluviosidades. La humedad relativa del ambiente es alta, presentándose casi todo el año, con una media anual de 87%. Según la clasificación climática de Köppen en el cantón predomina el clima Tropical Monzónico.

La formación ecológica predominante corresponde a la conocida como bosque húmedo tropical, cuyas características climáticas típicas son: temperatura media anual de 25 °C; pluviosidad media de 2.000 mm y altitudes que oscilan entre 0 y 100 msnm. Bosque muy seco tropical y Zona de transición con bosque seco tropical, estas zonas pertenecen al área de la parroquia de Pancho Negro. La máxima precipitación ocurre de enero a abril. Este periodo de copiosas lluvias se debe a la influencia de la zona de convergencia intertropical y de la corriente del Niño. Se encuentra desde 5msnm. hasta la cota de 300m, con una temperatura media anual de 23 °C a 26 °C. La precipitación promedio es de 500 a 1,000 mm. En el área del río Tisay, se puede observar la formación de bosque Premontano, recibiendo precipitaciones mayores a 1.000 mm, pero menores a 1.500 mm.

### **3.4 POBLACIÓN**

La Troncal es una ciudad de Ecuador poblada con aproximadamente 60.000 habitantes según datos obtenidos del último censo realizado en 2010. Este pequeño poblado ha surgido por la agricultura de caña de azúcar y banano, cuyo fruto la caracteriza, en el que alberga a uno de los ingenios azucareros más productivos y grandes del país, catalogándola como la principal industria de la zona y es generadora de cientos de puestos de trabajo para beneficio económico de los habitantes del sector. Ecuador es un paraíso turístico y La Troncal evidencia su belleza natural que se puede apreciar en sus balnearios de aguas termales rodeados de montañas, ríos y establecimientos de relajación, recreación, abrazados por la flora y la fauna silvestre.



**Figura 14.** Plano General La Troncal  
Fuente: Gad Municipal La Troncal

### 3.5 HISTORIA

Sucedió hace más de 50 años por la década de 1950, familias conformadas por gente humilde, hombres y mujeres agricultores emigraron de diferentes lugares del país y se apoderaron de tierras en los bordes de las vías, en la unión de Duran-Tambo y Puerto Inca-Machala, la unión de estas dos vías forman la Y, convirtiendo este lugar en un campamento intercomunicador de líneas de transporte terrestre, para comerciar entre las ciudades de la costa y las de la sierra, como Cuenca, Azogues, Guayaquil y Machala. El crecimiento poblacional y el acelerado proceso de urbanización fue notorio desde aquel entonces convirtiéndose en lo que hoy conocemos como La Troncal.

### 3.6 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El diseño del sistema de alcantarillado pluvial ducto cajón comprende entre las calles Luis Cordero y José Peralta junto al mercado mayorista Bellavista.



### **3.8 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El proyecto en estudio está dado por una investigación de campo con estudios exploratorios y descriptivos, usando metodologías para su desarrollo, la cual nos ayuda a medir la magnitud del problema e importancia de su construcción.

### **3.9 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio de este proyecto se enfoca en dar soluciones a los problemas sociales ocasionados principalmente por fenómenos naturales y por consiguiente mejorar la calidad de vida y contribuir con el desarrollo de los pueblos.

### **3.10 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

La investigación se basa en técnicas de análisis, evaluación empírica y analítica; considerando la observación, entrevista y encuestas que determina una investigación de campo.

### **3.11 SOLUCIÓN**

Rediseño integral de una alcantarilla de Hormigón Armado (ducto cajón) de 140 m de largo en el Barrio Bellavista del cantón La Troncal, cumpliendo las especificaciones técnicas establecidas, utilizando normas, reglamentos, códigos, requisitos y guías garantizando su vida útil y funcionalidad y que sirva como guía para otros proyectos que se desean implementar en el sector.

El proyecto garantiza el buen vivir de las personas, es decir no solo las personas que viven en el sector serán las beneficiarias, sino también todas aquellas que circulen por el sitio.

De la misma forma el sistema de aguas pluviales ducto-cajón contribuye con el medio ambiente, sirviendo este para evitar la contaminación de dichas aguas generadas por la mala cultura de las personas arrojando la basura al canal.

El proyecto será una obra enterrada, el cual, también forma parte de la arquitectura urbana, en otras palabras, la ejecución cambiaría la estética del sector, embelleciendo y generando una buena relación con el entorno que lo rodea.

El factor socioeconómico será beneficiado con el proyecto, habrá más espacio para reubicar a comerciantes que deseen incorporarse al mercado que se encuentra situado a orillas del canal.

## 4 CAPITULO

### 4.1 DISEÑO DE DUCTO CAJÓN EN ESTUDIO

### 4.2 DISEÑO HIDRAULICO

En la tabla que se transcribe a continuación están los datos meteorológicos del sector en estudio es decir son datos tomados de la estación más cercana al proyecto en estudio y diseño, esta estación está ubicada en el cantón a Troncal.

**Tabla 16**  
*Datos de precipitación mensual y anual*

<b>Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INANHI</b>													<b>Precipitación (mm)</b>		
<b>Estadística mensual y anual de Estaciones Climatológicas</b>													<b>Total anual</b>	<b>Max. en 24 horas</b>	<b>Max. en 24 horas de &lt; a &gt;</b>
<b>Código MA2U Estación INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)</b>															
<b>MES AÑO</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>			
1990	91,50	0,00	158,40	208,30	0,00	0,00	5,90	5,00	10,70	17,00	9,40	74,10	580,30	69,50	54,30
1991	207,60	496,10	336,20	108,70	68,20	3,40	5,20	8,80	6,70	20,20	30,60	50,40	1342,10	68,40	54,80
1992	199,00	693,30	730,80	781,20	630,50	241,50	13,70	6,30	9,70	14,30	24,00	13,40	3357,70	147,30	67,60
1993	322,80	510,00	621,80	604,40	358,00	24,00	27,30	7,80	11,00	13,90	16,30	142,10	2659,40	109,40	68,40
1994	365,50	436,40	280,60	246,50	66,70	8,70	5,10	3,70	5,30	20,70	16,10	245,30	1700,60	105,20	69,50
1995	324,30	0,00	259,90	272,00	54,30	8,20	23,50	9,20	7,20	22,50	12,60	19,70	1013,40	109,10	75,40
1996	295,00	594,60	585,40	74,10	20,70	6,10	4,70	4,70	9,50	9,10	17,60	29,50	1651,00	96,50	81,50
1997	205,20	520,70	710,70	456,20	530,30	322,10	112,80	133,60	187,10	141,40	674,70	561,30	4556,10	178,60	95,00
1998	586,90	1288,90	745,00	765,20	565,70	165,90	45,80	12,60	10,80	19,70	20,80	31,50	4258,80	177,10	96,10
1999	147,70	513,90	527,30	359,90	141,40	8,40	14,50	3,60	24,80	18,80	18,20	151,80	1930,30	96,10	96,50
2000	139,30	481,20	481,70	241,40	212,10	30,30	1,60	12,60	22,30	20,30	4,00	20,60	1667,40	148,60	102,80
2001	0,00	402,90	689,00	248,90	71,10	5,60	6,40	4,60	6,30	9,90	18,00	22,10	1484,80	151,90	105,20
2002	152,80	430,70	705,00	325,90	38,00	16,30	6,80	3,30	5,30	17,30	22,00	61,10	1784,50	67,60	107,00
2003	261,20	206,60	217,70	90,20	34,40	10,20	9,10	6,40	6,90	13,00	8,90	32,20	896,80	54,80	109,10
2004	207,50	317,00	475,20	219,90	39,60	9,70	4,50	2,50	16,50	23,40	12,20	8,70	1336,70	75,40	109,40
2005	85,30	142,50	263,90	133,40	4,50	5,30	3,70	5,70	8,90	16,10	0,00	0,00	669,30	54,30	111,50
2006	255,50	546,00	467,80	132,20	93,30	7,30	7,30	9,00	0,00	14,30	30,10	64,30	1627,10	81,50	116,30
2007	263,10	288,60	426,80	207,50	70,20	19,30	5,60	8,70	8,70	15,50	13,30	33,20	1360,50	95,00	123,20
2008	837,80	625,50	749,00	479,30	62,40	31,40	20,60	21,10	27,20	23,70	9,20	30,00	2917,20	124,70	124,70
2009	531,20	496,90	448,90	146,10	86,20	16,10	4,60	7,80	11,20	13,90	14,10	98,10	1875,10	144,70	144,70
2010	324,00	466,30	557,60	603,60	205,90	18,10	13,30	4,90	13,70	15,70	18,60	147,70	2389,40	116,30	147,30
2011	236,60	465,00	224,70	687,70	24,70	16,60	27,60	5,30	12,30	7,30	17,50	20,40	1745,70	102,80	148,30
2012	603,90	568,50	531,30	619,90	372,40	20,00	7,90	1,80	5,30	18,40	15,00	18,60	2783,00	123,20	148,60
2013	327,00	460,40	359,10	202,00	31,60	9,60	3,10	4,70	1,90	17,90	20,00	19,10	1456,40	107,00	151,90
2014	361,90	494,60	238,70	123,50	346,10	32,10	13,30	12,20	13,80	33,10	16,30	37,00	1722,60	111,50	155,50
2015	295,80	530,10	351,70	308,20	380,10	139,60	67,90	8,40	13,90	23,40	15,10	34,20	2168,40	202,80	177,10
2016	349,80	543,90	619,20	268,90	30,10	18,30	26,30	10,20	15,50	9,60	9,60	52,40	1953,80	148,30	178,60
2017	594,30	894,30	938,70	364,60	347,30	34,90	4,40	5,20	7,90	17,70	20,50	0,00	3229,80	155,50	202,80

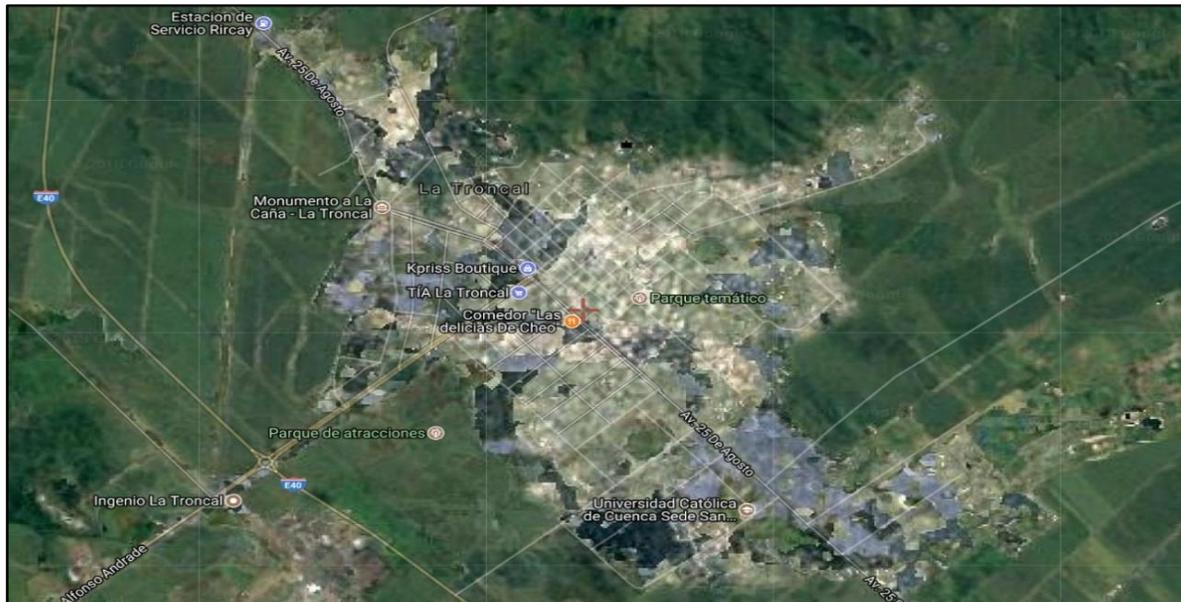
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INANHI-Ingenio Coasucar La Troncal

Estos datos fueron tomados de la estación meteorológica ubicada en el Ingenio Azucarero antes denominado AZTRA. Conocido hoy en día como Ingenio COAZUCAR S.A. del GRUPO GLORIA.

Para el diseño Hidráulico la norma indica usar datos recopilados de los últimos años, mientras más información exista es más exitoso para su diseño, estos datos existen a partir del año 1990 hasta el año 2017.

La intensidad promedio máxima será considerada para su cálculo, el coeficiente de escurrimiento está dada según el tipo de superficie que se lo puede encontrar en la tabla de coeficientes ubicado en la parte teórica del proyecto, así mismo, está considerada la extensión del terreno, la cual, están formadas por dos cuencas que se forman por la topografía del terreno.

Datos preliminares:



**Figura 16.** Ciudad de la Troncal  
Fuente: Google Maps

- ✓  $C = 0.7$  adimensional
- ✓  $I = 202.8$  mm/h
- ✓ Área de drenaje =  $99928 \text{ m}^2 = 10 \text{ ha}$

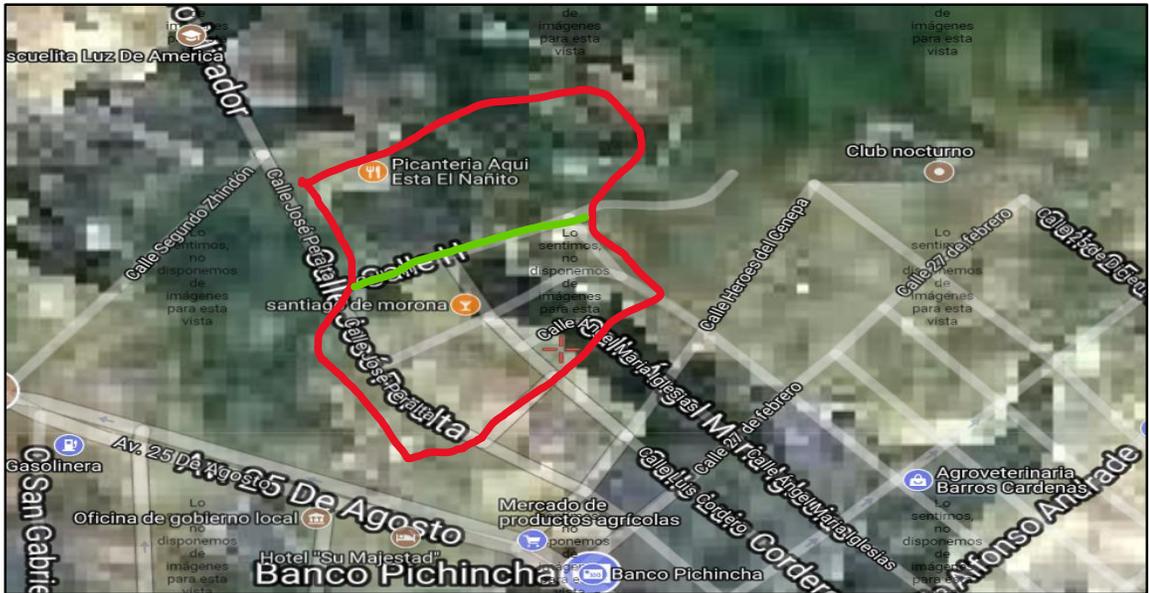


Figura 17. Delimitación del Área de drenaje del proyecto  
Fuente: Google Maps

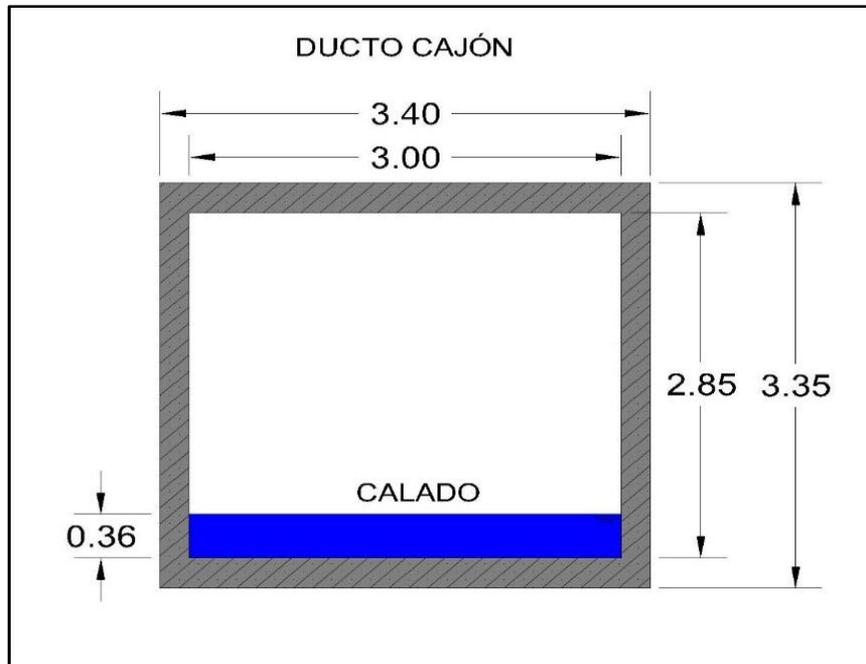


Figura 18. Esquema de ducto existente  
Fuente: Datos de campo

En la Figura 17 esta graficado un esquema del ducto existente, que comprende las siguientes medidas que fueron verificadas en campo.

#### 4.2.1 CÁLCULO MÉTODO RACIONAL

$$\checkmark Q_1 = 0.00278 * C * I * A$$

$$\checkmark Q_1 = 0.00278 * 0.7 * 202.8 \text{ mm/h} * 10 \text{ ha}$$

$$\checkmark Q_1 = 3.946 \text{ m}^3/\text{s}.$$

#### 4.2.2 CÁLCULO DE VELOCIDAD DE FLUJO FÓRMULA DE MANNING

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{n} * \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.013} * \left(\frac{1.08}{3.72}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 76.963076 * (0.2903)^{\frac{2}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 76.963076 * 0.438427 * 0.1$$

$$V = 3.3742 \text{ m/s}$$

$$V = 3.37 \text{ m/s}$$

#### 4.2.3 CÁLCULO DE CAUDAL EXISTENTE SEGÚN LA FORMULA DE BERNOULLI

$$Q_2 = A * V$$

$$Q_2 = 1.08 * 3.37$$

$$Q_2 = 3.639 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.4 CAUDAL TOTAL DE DISEÑO

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

$$Q_t = 3.946 + 3.639$$

$$Q_t = 7.585 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 7.59 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.5 TANTEO DE SECCIONES PARA DISEÑO HIDRÁULICO

$$Q = A * V \therefore A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{7.585 \text{ m}^3/\text{s}}{0.9 \text{ m/s}}$$

$$A = 8.427 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{A} = \sqrt{8.427} \text{ m}$$

$$L = 2.9029 \text{ m}$$

Si a  $L = 2.9029 \text{ m}$  se le suma el 20 % de resguardo se obtendrá  $L = 3.4829 \text{ m}$ , se puede notar claramente la sobredimensión con respecto a la altura con los datos del ducto existente, no se podrá adoptar por dos razones básicas, la topografía del terreno y la altura del ducto que es mucho menor a la calculada.

Como ya es de conocimiento, se tienen datos de secciones, la cual, se adaptará al ducto ya existente para mantener las mismas características como son la pendiente y velocidad, en todo caso se tratará de mantener la misma altura en lo posible con pequeñas variaciones en el ancho o base del ducto, esto es posible debido a que el canal cuenta con medidas de protección con respecto al eje del canal, mayores a las necesarias.

A continuación, se presentarán dos opciones de cálculo con respecto al ancho y altura del ducto cajón, manteniendo en lo posible las características como se indicó anteriormente.

## 4.2.6 TANTEO ANCHO Y ALTURA INCLUIDO SU RESGUARDO

### 4.2.6.1 OPCIÓN 1

<b>A = 8.427 m<sup>2</sup></b>	<b>B = 3.20 m</b>	<b>h = 2.64 m</b>
--------------------------------	-------------------	-------------------

$$A = B * h$$

$$A = 3.20 \text{ m} * 2.64 \text{ m}$$

$$A = 8.448 \text{ m}^2$$

$$h = 2.64 \text{ m}$$

$$h_t = 2.64 \text{ m} + 20\%h$$

$$h_t = 2.64 \text{ m} + 0.2 * (2.64 \text{ m})$$

$$h_t = 2.64 \text{ m} + 0.582 \text{ m}$$

$$h_t = 3.168 \text{ m}$$

$$h_t = 3.17 \text{ m}$$

### 4.2.6.2 OPCIÓN 2

<b>A = 8.427 m<sup>2</sup></b>	<b>B = 3.40 m</b>	<b>h = 2.50 m</b>
--------------------------------	-------------------	-------------------

$$A = B * h$$

$$A = 3.40 \text{ m} * 2.50 \text{ m}$$

$$A = 8.50 \text{ m}^2$$

$$h = 2.50 \text{ m}$$

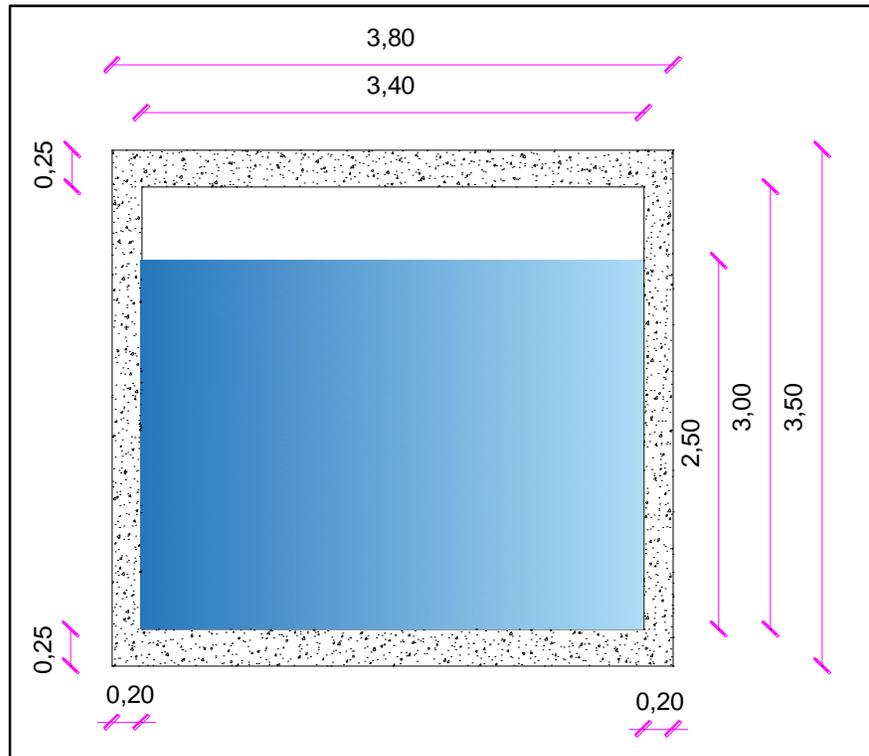
$$h_t = 2.50 \text{ m} + 20\%h$$

$$h_t = 2.50 \text{ m} + 0.2 * (2.50 \text{ m})$$

$$h_t = 2.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m}$$

$$h_t = 3 \text{ m}$$

Al calcular y analizar las medidas para la sección del ducto cajón se aconseja la opción 2, esta será la propuesta para su funcionamiento hidráulico y se propondrá para su diseño estructural respectivamente.



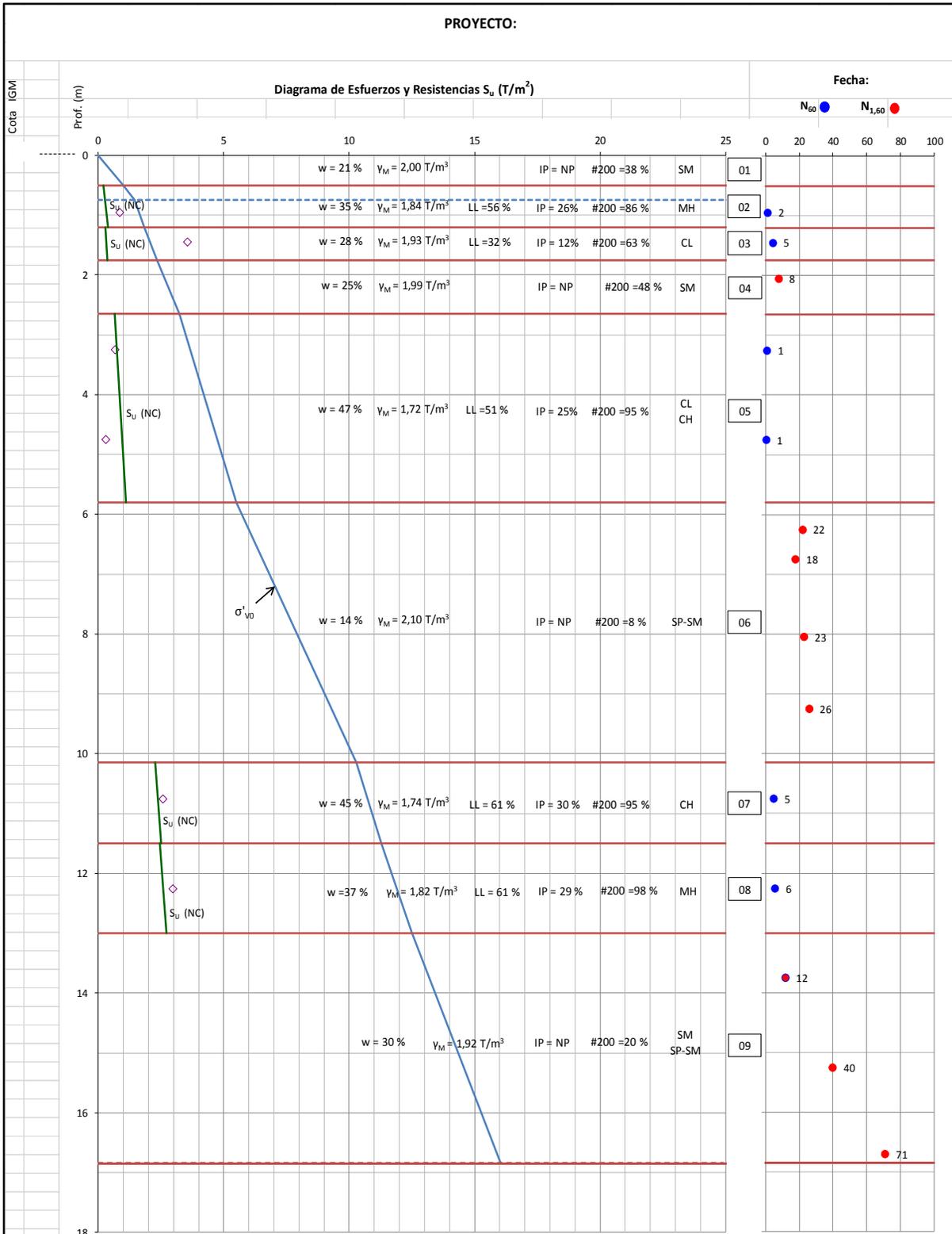
**Figura 19.** Esquema de ducto a diseñar

Fuente: Tesis

### 4.3 ESTUDIO DE SUELO

En el estudio de suelo correspondiente se toma como muestra un sondeo a una profundidad de 16 metros, según estipula la norma. El nivel freático está a 0.75 metros y la densidad a partir de los 4 metros, donde el ángulo de fricción es de  $2.100 \text{ T/m}^3$ .

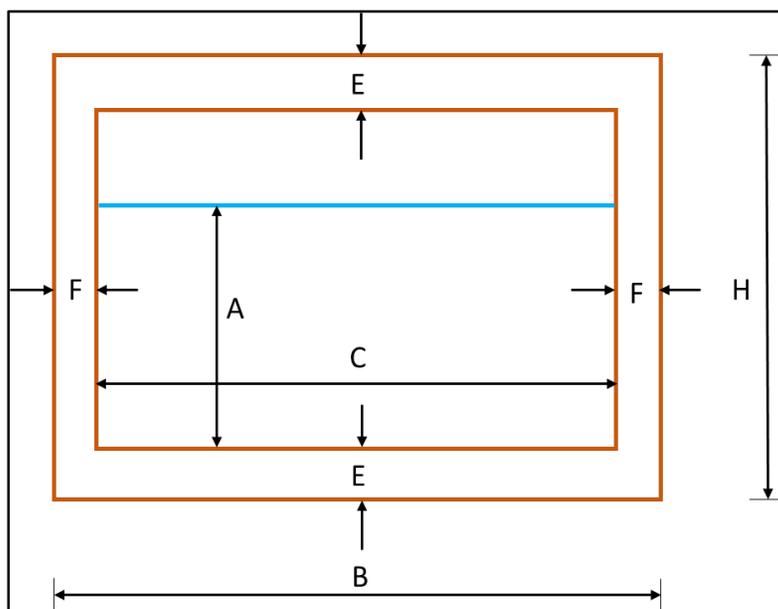
En la figura 20 y figura 21 se podrá observar los esfuerzos y el resumen de los ensayos tanto en campo como en laboratorio.



**Figura 20.** Valores de esfuerzos del suelo  
Fuente: Estudio de suelo

RESUMEN DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO														SONDEO N°	S1			
OBRA: DUCTO-CAJÓN														HOJA N°	1 de 2			
LOCALIZACION: Barrio Bellavista La Troncal														COTA:	NF:			
														0,75 m				
														Febrero - 2016				
MUES- TRA N°	PROFUND. (m.)	DESCRIPCION	ESTRATI GRAFIA	SUCS	W %	LW %	IP %	$\gamma_m$ T/m <sup>3</sup>	$q_u$ T/m <sup>2</sup>	$\epsilon$ %	Tors. T/m <sup>2</sup>	Pn T/m <sup>2</sup>	N° 4 %	N° 200 %	N	N <sub>60</sub>	HUMEDADES	
1	0.00 - 0.30	Arena media limosa con gravilla		SM	21		NP					92	38					
2	0.75 - 1.20	Limo arcilloso café claro con pintas de oxidación. Consistencia blanda		MH	35	56	26					99	86	3	2			
3	1.25 - 1.70	Arcilla limosa con pequeñas capas de arena. Consistencia media		CL	28	32	12					94	63	8	5			
4	1.85 - 2.30	Arena fina limosa color café oscuro de compacidad suelta		SM	25		NP					100	48	8	5			
5	3.05 - 3.50	Arcilla limosa con pequeñas capas de arena y pintas de oxidación		CL	44	49	22					100	92	2	1			
6	4.55 - 5.00	Consistencia blanda		CH	49	53	27					100	98	1	1			
7	6.05 - 6.50	Arena media limosa con gravilla color café a gris verdosa de compacidad medio densa		SP-SM	10		NP					60	7	24	17			
8	6.55 - 7.00			SP-SM	13		NP					61	6	21	15			
9	7.85 - 8.30			SP-SM	12		NP					62	6	29	21			
10	9.05 - 9.50			SP-SM	20		NP					95	12	34	26			
11	10.55 - 11.00	Arcilla limosa color gris verdoso de consistencia media		CH	45	61	30					100	95	7	5			
12	12.05 - 12.50	Limo arcilloso color gris verdoso de consistencia media		MH	37	61	29					100	98	8	6			
13	13.55 - 14.00	Arena fina limosa color gris verdosa de compacidad medio densa		SM	33		NP					100	41	18	14			
14	15.05 - 15.50	a muy densa		SM	27		NP					97	14	64	48			

Figura 21. Resumen de ensayo de campo y laboratorio  
Fuente: Estudio de suelo



**Figura 22.** Geometría del ducto-cajón  
Fuente: Tesis

#### 4.4 DISEÑO ESTRUCTURAL

##### Datos generales

##### Geometría:

Alto	3.50 m	H
Ancho	3.80 m	B
Longitud de alcantarilla	140.00 m	L
Espesor de losa	0.25 m	E
Espesor de muro	0.20 m	F
Altura de carga de agua	2.50 m	A
Ancho interno del ducto	3.40 m	C

##### Materiales:

Resistencia a la compresión	280 kg/m <sup>2</sup>	f 'c
Resistencia a la fluencia	4200 kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>y</sub>
Peso esp. del hormigón	2400 kg/m <sup>3</sup>	γ <sub>h</sub>

#### 4.4.1 PERALTE MÍNIMO PARA LOSA TIPO PUENTE

$$h = \frac{S+3}{30} \geq 0.165m$$

$$h = \frac{3.60m+3}{30}$$

$$h = 0.22m \geq 0.165m \text{ O.K.}$$

$$h = 0.25m \text{ se asume por razones constructivas}$$

En el libro de Puentes con AASHTO LRFD está la tabla de peraltes mínimos para losas de hormigón armado (Tabla 2.5.2.6.3-1)

S = Es la distancia medida desde el eje de los muros de la estructura

#### 4.4.2 CARGA MUERTA DC EN LA ALCANTARILLA (para 1m)

**Peso propio de losa superior:**

$$W_{losa\ sup} = E * B * \gamma h$$

$$W_{losa\ sup} = 0.25m * 3.60m * 2400kg/m^3$$

$$W_{losa\ sup} = 2160kg/m$$

**Momento:**

$$M_{DC} = \frac{W_{losa\ sup} * L^2}{8}$$

$$M_{DC} = \frac{2160kg/m * 3.60m^2}{8}$$

$$M_{DC} = \frac{27993.6kgm}{8}$$

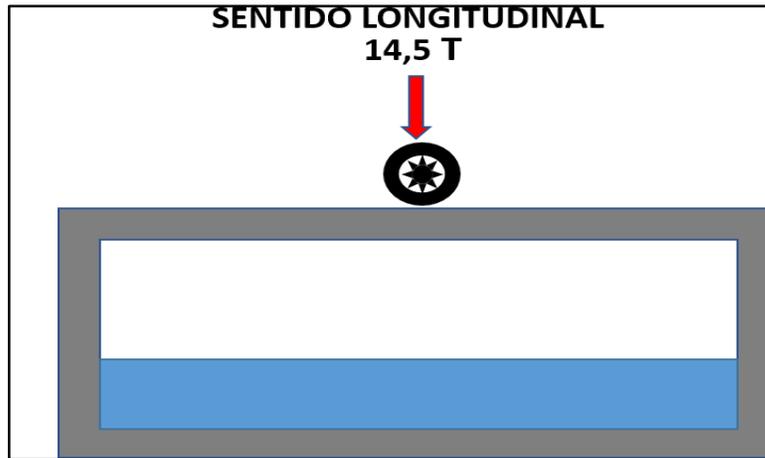
$$M_{DC} = 3499.2kgm$$

**Peso propio de muro lateral:**

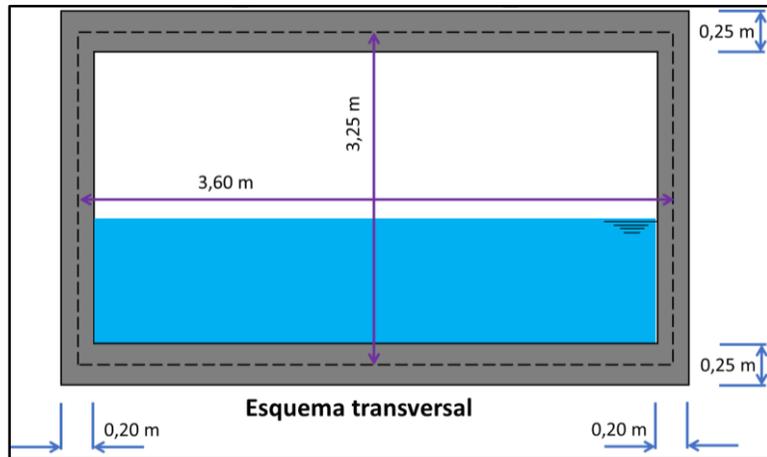
$$P_p = F * H * \gamma h$$

$$P_p = 0.20m * 3.25m * 2400kg/m^3$$

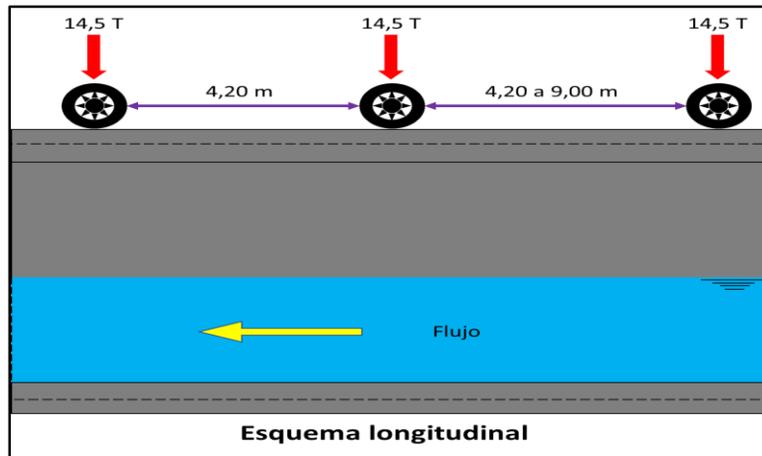
$$P_p = 1560 \text{ kg/m}$$



**Figura 23.** Esquema transversal de ducto-cajón  
Fuente: Tesis



**Figura 24.** Esquema transversal de ducto-cajón  
Fuente: Tesis



**Figura 25.** Carga viva LRFD HL-93  
Fuente: Norma AAHTO LRFD

### **Peso propio de losa inferior**

$$P_{losa\ inf} = F * H * \gamma h$$

$$P_{losa\ inf} = 0.25m * 3.60m * 2400kg/m^3$$

$$P_{losa\ inf} = 2160kg/m$$

### **Carga del agua (WA)**

$$P_{agua} = A * \gamma_{agua}$$

$$P_{agua} = 2.50m * 1000kg/m^3$$

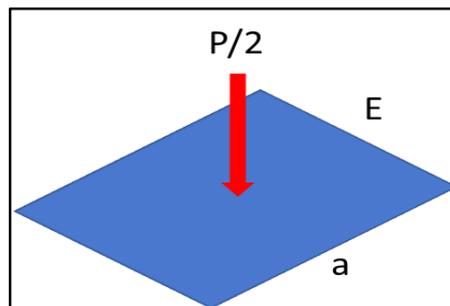
$$P_{agua} = 2500kg/m^2$$

### **Carga viva (LL+IM)**

La carga viva según método de diseño AASHTO LRFD se considera el camión de diseño HL-93. Se toma la carga puntual de mayor peso, el cual va a actuar de forma más crítica en el centro de luz del ducto.

Ahora bien, en la siguiente representación se puede observar la carga en sentido transversal, sobre el cual se realizará la siguiente hipótesis. Si observamos que las cuatro llantas tienen una carga viva de 14.53 T. con una distancia de 1.80 m, entonces las dos llantas tienen la mitad de la carga antes mencionadas y como se estudiará en un metro de losa lineal como lo indica la norma para losas macizas, la carga a considerar será la carga puntual de mayor peso.

La carga viva será:



**Figura 26.** Posición de la carga viva  
Fuente: Norma AASTHO LRFD

$$W_{LL} = \frac{P}{2}$$

$$W_{LL} = \frac{14.53 \text{ Tm}}{2}$$

$$W_{LL} = 7.265 \text{ Tm}$$

### Factor de impacto

$$F.I. = 1 + \frac{IM}{100} \therefore I.M.=33\%$$

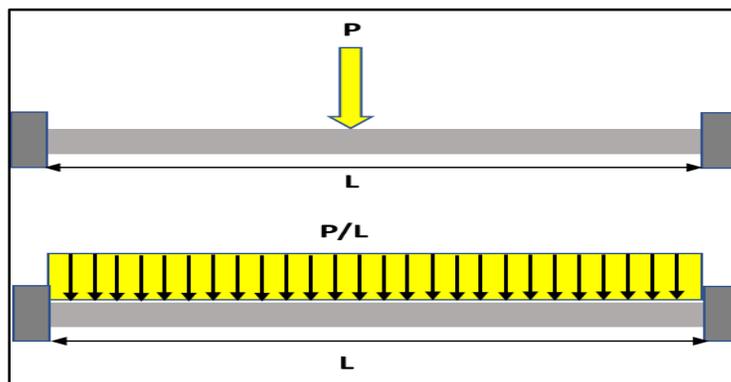
Factor de impacto 33% de la carga viva.

$$W_{IM} = 33\%P$$

$$W_{IM} = 7265 \text{ kg} * 1.33$$

$$W_{IM} = 9662.45 \text{ kg}$$

$$Cv = 9663 \text{ kgm}$$



**Figura 27.** Transformación de carga puntual  
Fuente: Norma AASTHO LRFD

La carga viva también transmite esfuerzos sobre los muros laterales de la estructura, la cual se determinará el análisis de la siguiente manera:

#### **Sobrecarga por carga viva (LS)**

#### **Carga lateral en la parte superior de la alcantarilla**

En la Tabla 3.11.6.4-1 la norma ASSTHO LRFD presenta una tabla para calcular los empujes producidas por la carga viva por interpolación, para una altura medida desde la losa superior hasta la losa inferior.

$h_{eq} = 1.82 \text{ m}$  obtenido de la interpolación de la tabla 3.11.6.4-1

$$LS_{sup} = h_{eq} * \gamma * H * K_A * 1 \text{ m}$$

$$LS_{sup} = 1.82 \text{ m} * 2100 \text{ kg/m}^3 * 0.333 * 1 \text{ m}$$

$$LS_{sup} = 1272.72 \text{ kg/m}$$

### Carga lateral en el fondo de la alcantarilla

$h_{eq} = 0.86 \text{ m}$  obtenido de la interpolación de la tabla 3.11.6.4-1

$$LS_{inf} = h_{eq} * \gamma * H * K_A * 1 \text{ m}$$

$$LS_{inf} = 0.86 \text{ m} * 2100 \text{ kg/m}^3 * 0.333 * 1 \text{ m}$$

$$LS_{inf} = 601.39 \text{ kg/m}$$

### Momento:

$$M_{DC} = \frac{p * L}{8}$$

$$M_{DC} = \frac{7265 \text{ kg} * 3.60 \text{ m}}{8}$$

$$M_{DC} = \frac{26154 \text{ kgm}}{8}$$

$$M_{DC} = 3265.25 \text{ kgm}$$



**Figura 28.** Carga viva sobre los muros  
Fuente: Norma AASTHO LRFD

### Carga total repartida

$$w_{total} = w + P$$

$$w_{total} = 2160kg/m + 7265kg/m$$

$$w_{total} = 9425 kg/m$$

### Cálculo de reacciones

$$\sum M_A = 0$$

$$R_A = R_B = \frac{w_{total} * L}{2}$$

$$R_A = R_B = \frac{9425kg/m * 3.60m}{2}$$

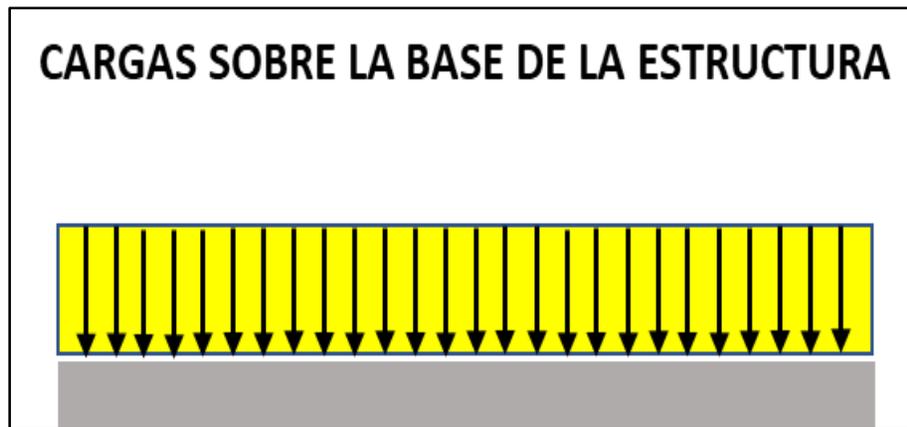
$$R_A = R_B = 16965kg$$

### Cargas que actúan sobre la base de la estructura

$$W_{base} = P_{losa inf} + 2P_p$$

$$W_{base} = 2160kg + (2 * 1560kg)$$

$$W_{base} = 5280kg$$



**Figura 29.** Cargas sobre la estructura  
Fuente: Apuntes de estructuras I

La reacción del suelo será equivalente a la carga que actúa sobre la losa inferior, es decir que la zona del suelo en la parte inferior del ducto cajón reacciona con una presión semejante.

Se realiza este artificio para equilibrar la estructura, dicho esto la reacción del suelo será el mismo equivalente a la carga de la losa inferior.

$$W_{base} = 5280kg = \text{Reaccion del suelo}$$



*Figura 30.* Reacción del suelo  
Fuente: Mecánica de suelos

Según AASTO LRFD Art.4.6.2.1.2 la franja E no son aplicables para este tipo de puentes losa, existen dos fórmulas que solo son aplicables si la longitud del ducto es mayor a 4.60 m en dirección paralela al tráfico.

#### 4.4.3 CÁLCULO DE LOS EMPUJES DEL TERRENO

Como ya es de conocimiento los muros estructurales están sometidos a empujes, esto es debido a las presiones que trasmite el suelo hacia las paredes laterales del ducto.

En otras palabras, el empuje lateral se da por la fuerza ejercida del suelo hacia las paredes del muro estructural, también son influenciadas por las fuerzas externas como cargas vivas, estas pueden ser aquellas ejercidas por camiones y por saturación del terreno y/o nivel freático.

Nótese que el ángulo de inclinación de la pared lateral es igual a cero  $\alpha=0$ , obsérvese el ángulo de rozamiento de terreno y muro; y el ángulo del talud del terreno:

$\beta=0$ :  $\delta=0$ , por lo tanto, el empuje del terreno solo actuará de manera horizontal.

Pues bien, el ángulo de fricción es de  $\phi=30^\circ$  por lo tanto, aplicamos la fórmula de Rankine.

La carga puntual considerada es el eje mas pesado del camión de diseño, como se esta considerando en  $1\text{ m}^2$  se divide para la unidad. Esta sobrecarga sera considerada para el calculo de esfuerzo del suelo.

### **Trasformación de la carga puntual en carga repartida**

$$q = \frac{7265kg}{1.00m}$$

$$q = 7265kg/m$$

### **Coefficiente de empuje activo**

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right)$$

$$K_A = \tan^2(45^\circ - 15^\circ)$$

$$K_A = \tan^2(30^\circ)$$

$$K_A = 0.333$$

✓  $K_A$  = Es el coeficiente de empuje activo

Para la sobrecarga se aplica la siguiente formula:

### **Presión debida a la sobrecarga:**

$$\sigma_q = K_A * q$$

$$\sigma_q = 0.333 * 7265kgm$$

$$\sigma_q = 2419.245kgm$$

$$\sigma_q = 2420kgm$$

✓  $q$  = Carga uniforme repartida

✓  $\sigma_q$  = Sobrecarga constante en toda la profundidad

El valor del esfuerzo no depende de la profundidad, solamente del ángulo de fricción y de la intensidad de la sobrecarga. El NAF está a 0.75 cm de la altura considerada,

**Presión debida al relleno:**

En el punto 1

$$\sigma_{Relleno1} = \gamma * H * K_A$$

$$\sigma_{Relleno1} = 2100kg/m^3 * 0 * 0.333$$

$$\sigma_{Relleno1} = 0$$

En el punto 2

Con el NAF A 0.75m, el peso volumétrico considerado es el sumergido, (3.50m-0.75m=2.75m)

$$\sigma_{Relleno2} = \gamma * H * K_A$$

$$\sigma_{Relleno2} = (2100kg/m^3 - 1000kg/m^3) * 2.75m * 0.333$$

$$\sigma_{Relleno2} = 2447.55kg/m^2$$

$$\sigma_{Relleno2} = 2448kg/m^2$$

**Presión debida al agua:**

En el punto 1

$$\sigma_{Agua1} = \gamma * H$$

$$\sigma_{Agua1} = 2100kg/m^3 * 0$$

$$\sigma_{Agua1} = 0$$

En el punto 2

$$\sigma_{Agua2} = \gamma * H$$

$$\sigma_{Agua2} = (1000kg/m^3) * 2.75m$$

$$\sigma_{Agua2} = 2750kg/m^2$$

La Presión total = Presión causada por la sobrecarga + Presión efectiva del terreno + Presión del agua.

En el punto 1

$$\sigma_T = \sigma_q + \sigma_{Relleno2} + \sigma_{Agua2}$$

$$\sigma_T = 2420 \text{kg/m}^2 + 0 \text{kg/m}^2 + 0 \text{kg/m}^2$$

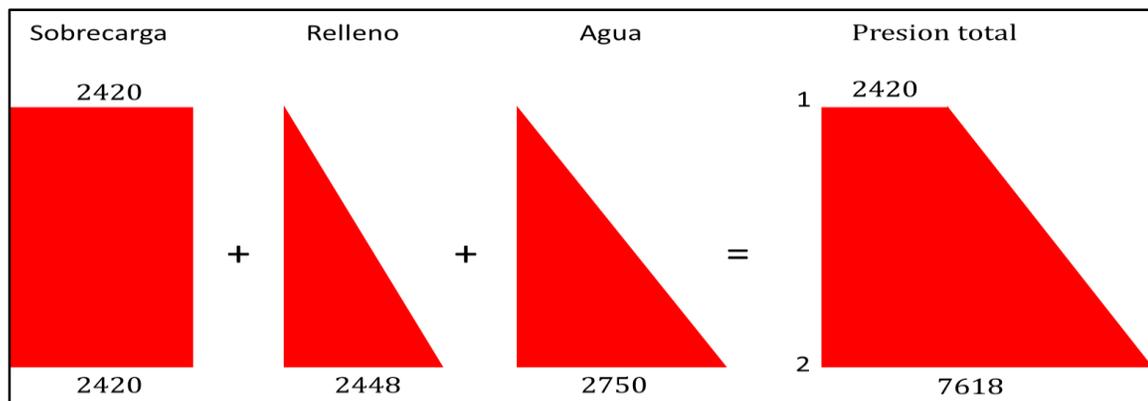
$$\sigma_T = 2420 \text{kg/m}^2$$

En el punto 2

$$\sigma_T = \sigma_q + \sigma_{Relleno2} + \sigma_{Agua2}$$

$$\sigma_T = 2420 \text{kg/m}^2 + 2448 \text{kg/m}^2 + 2448 \text{kg/m}^2$$

$$\sigma_T = 7618 \text{kg/m}^2$$



**Figura 31.** Diagrama de presiones activa que produce un relleno sobre un muro.

Fuente: Problemas básicos de empujes de suelos sobre estructuras de soporte. Eduardo de la Fuente Lavalle

La fuerza  $E_A$  se encuentra en el tercio de la altura de la estructura

$$d = 1/3H$$

$$d = 1/3 * 3.50$$

$$d = 1.17 \text{ m}$$

$$E_A = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * K_A$$

$$E_A = \frac{1}{2} * 2100 * 3.50^2 * 0.333$$

$$E_A = 4284 \text{kgm}$$

También, puede determinarse el empuje considerando el área del diagrama de presiones:

$$E_A = \frac{1}{2} * H * \sigma_{A2}$$

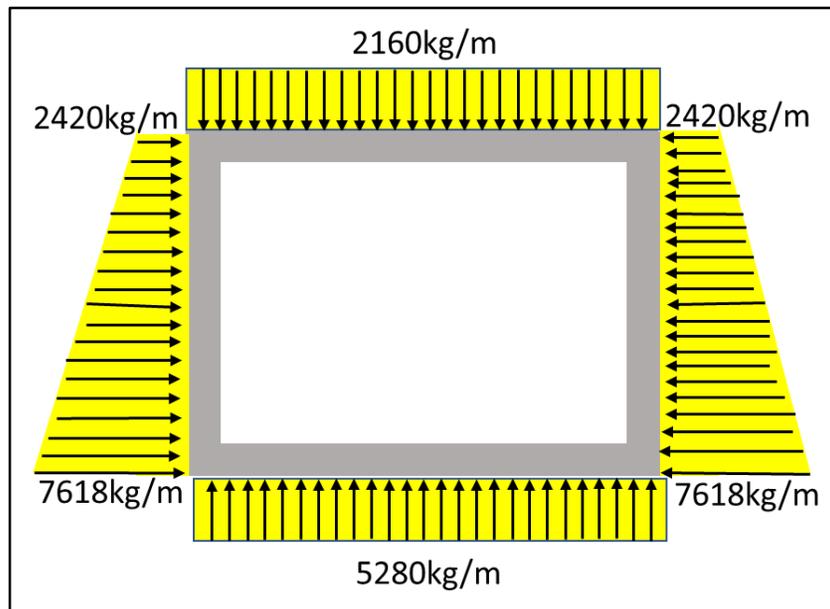
$$E_A = \frac{1}{2} * 3.50 * 2448$$

$$E_A = 4284 \text{kgm}$$

#### 4.4.4 DISEÑO DE ALCANTARILLADO DUCTO CAJÓN UTILIZANDO SAP 2000

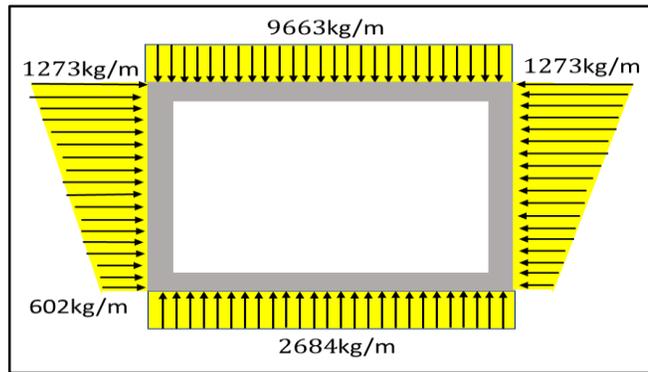
Cargas por considerarse en el programa

##### 4.4.4.1 CARGA MUERTA (DC-EH)



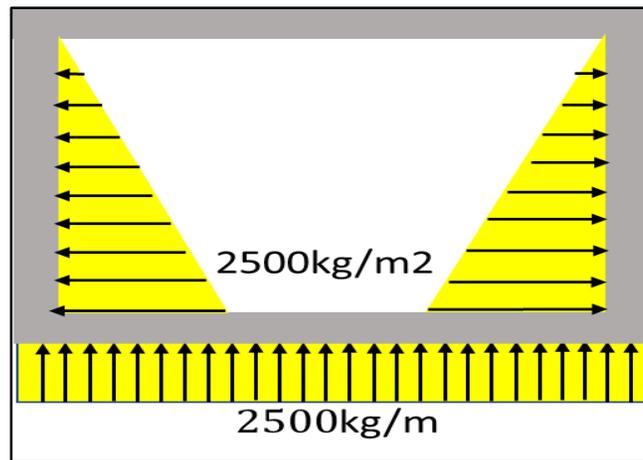
**Figura 32.** Carga muerta  
Fuente: Tesis

#### 4.4.4.2 CARGA VIVA (LL+IM-LS)



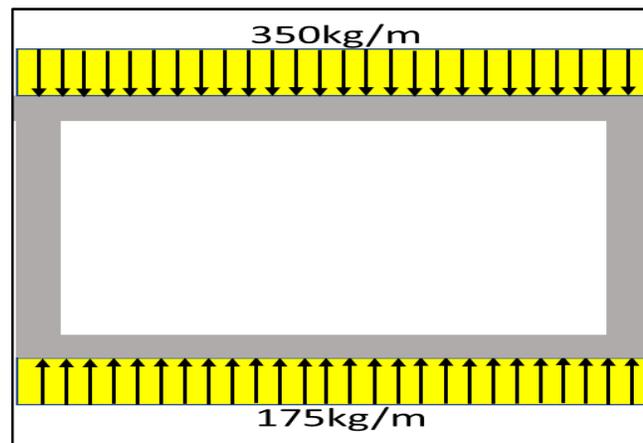
*Figura 33.* Carga viva  
Fuente: Tesis

#### 4.4.4.3 CARGA DEL AGUA (WA)



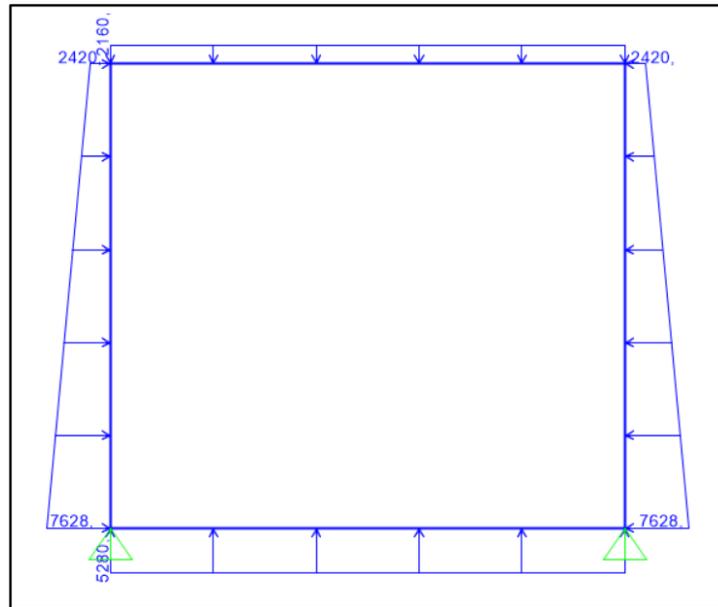
*Figura 34.* Carga del agua  
Fuente: Tesis

#### 4.4.4.4 SOLICITACIONES POR CARGAS LRFD

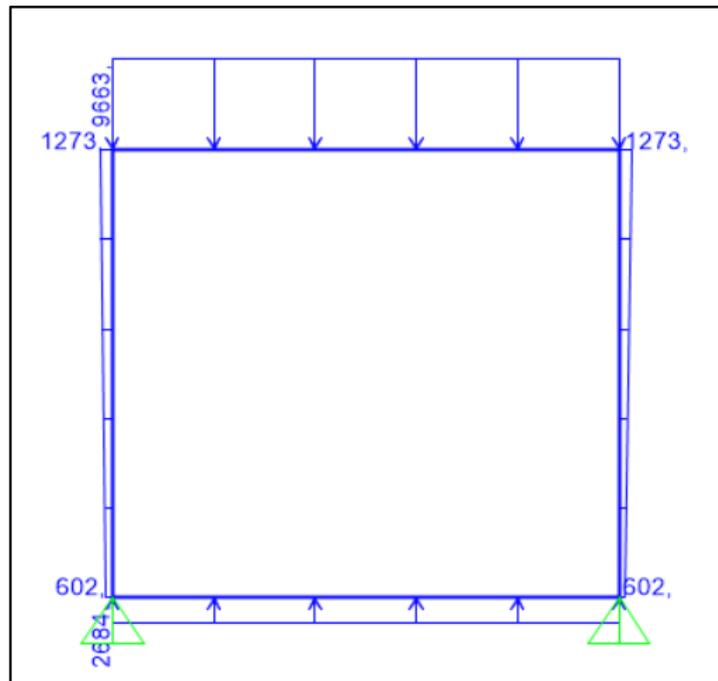


*Figura 35.* Cargas LRFD  
Fuente: ASSTHO LRFD

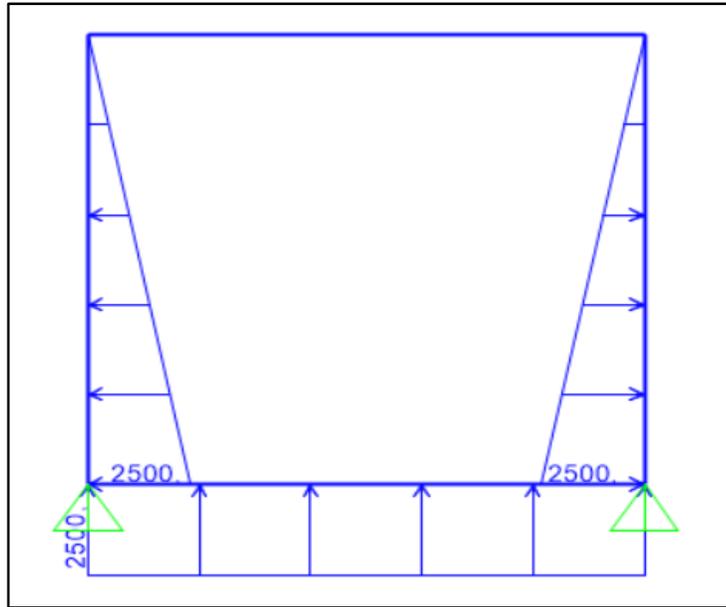
#### 4.4.5 RESULTADO DE DIAGRAMAS DE ENVOLVENTES



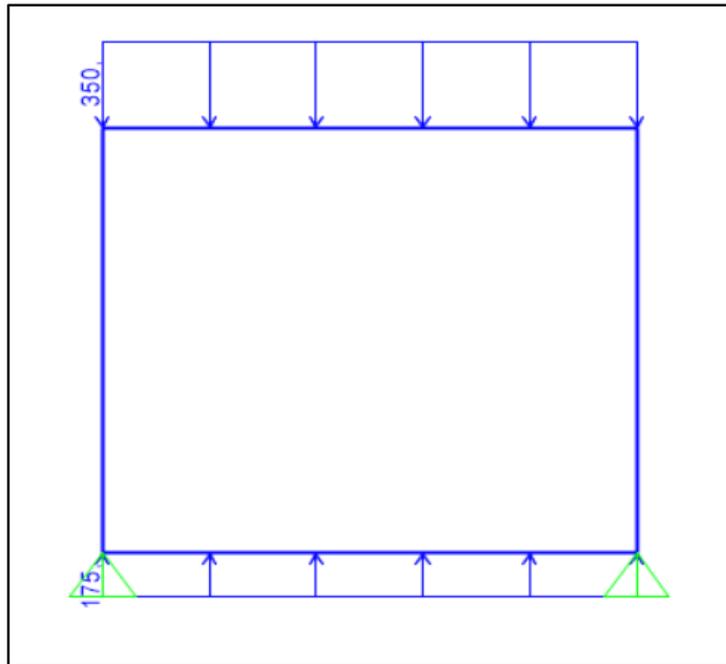
**Figura 36.** Carga muerta  
Fuente: SAP 2000



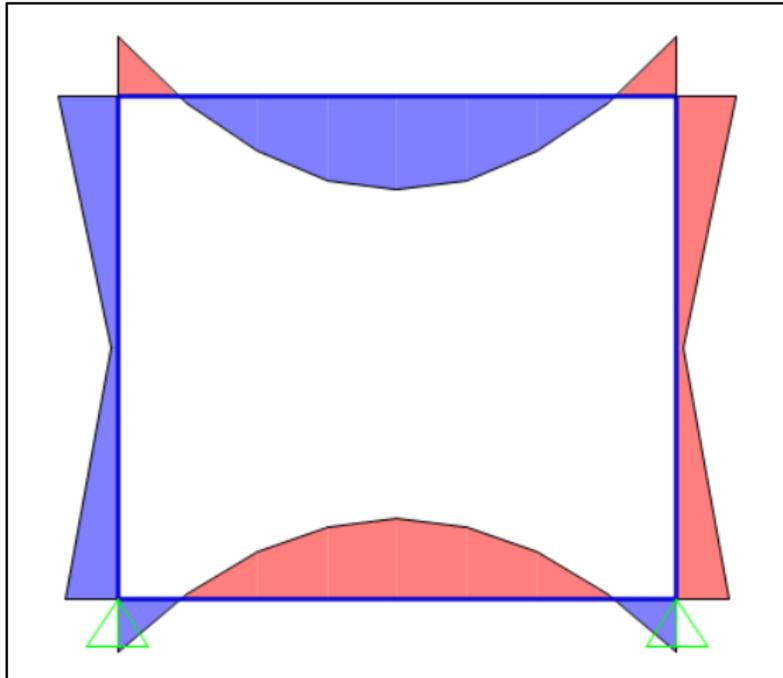
**Figura 37.** Cargas viva HL-93  
Fuente: SAP 2000



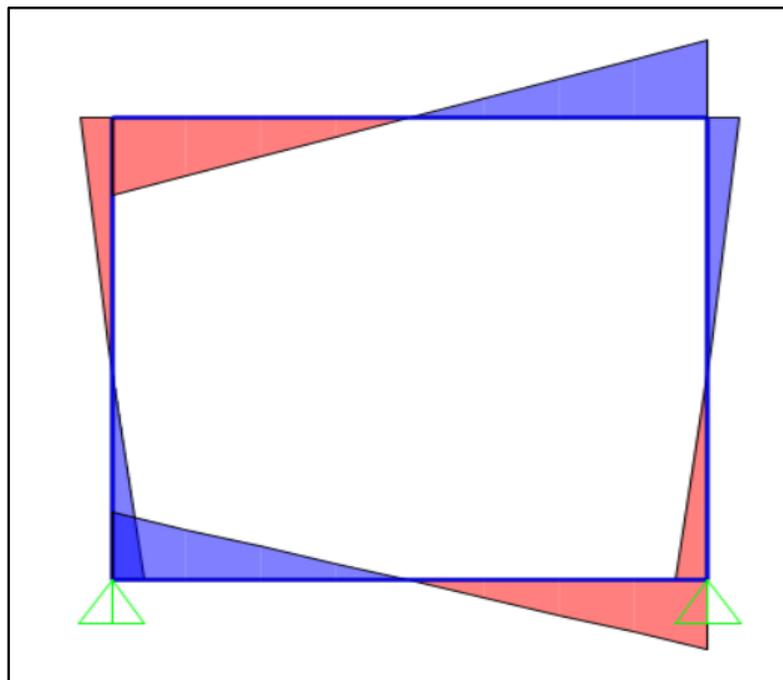
**Figura 38.** Cargas de agua  
Fuente: SAP 2000



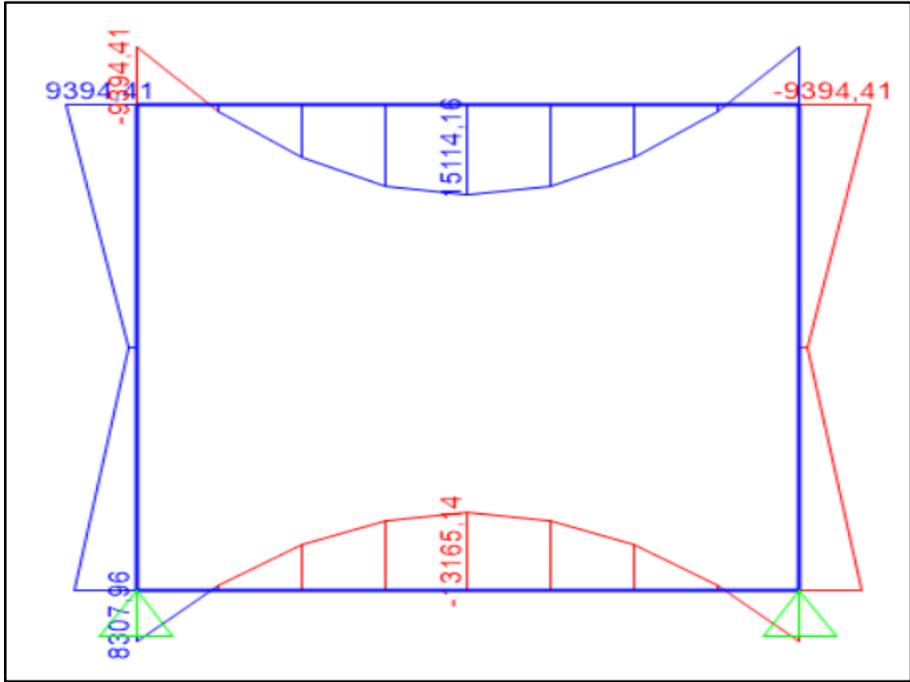
**Figura 39.** Cargas LRFD  
Fuente: SAP 2000



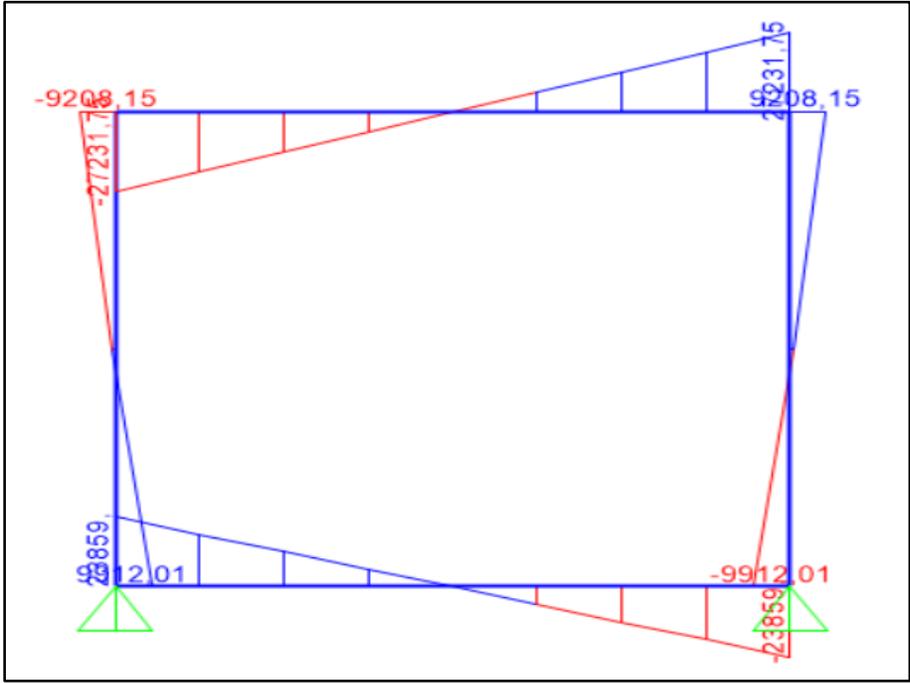
**Figura 40.** Diagrama Momento Flector  
Fuente: SAP 2000



**Figura 41.** Diagrama de Corte  
Fuente: SAP 2000



**Figura 42.** Valores de momento flector  
Fuente: SAP 2000



**Figura 43.** Valores de corte  
Fuente: SAP 2000

## 4.4.6 CÁLCULO DEL ACERO

### 4.4.6.1 DISEÑO DE LOSA SUPERIOR

#### Sentido longitudinal superior acero principal

Momento Máximo para diseño de ducto cajón obtenido del programa SAP 2000

$$M_{Max} = 15115 \text{ kgm}$$

$$M_u = 0.95 * M_{Max}$$

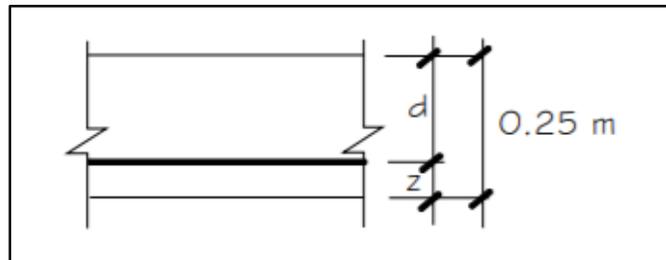
$$M_u = 0.95 * 15115 \text{ kgm}$$

$$M_u = 14359.25 \text{ kgm}$$

$$M_u = 14360 \text{ kgm}$$

Utilizando la envolvente de momentos para el estado límite de Resistencia I, se tiene que:

$$(+)\ M_u = 14360 \text{ kgm}$$



**Figura 44.** Cargas LRFD  
Fuente: ASSTHO LRFD

Datos:

Recubrimiento  $r=2.5$  cm

As  $\phi$  12mm = 1.13 cm<sup>2</sup>

$$z = r + \frac{\phi}{2}$$

$$z = 2.5 + \frac{1.13}{2}$$

$$z = 3.065 \text{ cm}$$

$$d = H - z$$

$$d = 25 - 3.065$$

$$d = 21.935 \text{ cm}$$

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2}$$

$$K_u = \frac{14360 \text{ kgm}}{1 \text{ m} * (21.935 \text{ cm})^2}$$

$$K_u = 29.85 \text{ cm}^2$$

$$K_u = \varphi * f'c * w(1 - 0.59w)$$

$$29.85 = 0.9 * 280 * w(1 - 0.59w)$$

$$29.85 = w(1 - 0.59w)$$

$$0.1184 = w - 0.59w^2$$

$$0.59w^2 - w + 0.1184 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-(-1) \pm \sqrt{(-1)^2 - 4 * 0.59 * 0.1184}}{2 * 0.59}$$

$$x = \frac{1 \pm \sqrt{0.8488}}{1.18}$$

$$x = \frac{1 \pm 0.9213}{1.18}$$

$$x = \frac{1 + 0.9213}{1.18} = 1.6282$$

$$x = \frac{1 - 0.9213}{1.18} = 0.066$$

$$w = 0.0666$$

$$\rho = w * \frac{f'c}{fy}$$

$$\rho = 0.0666 * \frac{280}{4200}$$

$$\rho = 0.00444$$

$$\rho_{min} = w * \frac{f'c}{fy}$$

$$\rho_{min} = 0.03 * \frac{280}{4200}$$

$$\rho_{min} = 0.002$$

$$As = \rho * b * d$$

$$As = 0.00444 * 100 * 21.935$$

$$As = 9.74 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{As}{\emptyset 12 \text{ mm}}$$

$$\#var = \frac{9.74 \text{ cm}^2}{1.13 \text{ cm}^2}$$

$$\#var = 8.61 \text{ u}$$

$$\#var = 9 \text{ u}$$

$$s = \frac{1 \text{ m}}{\#var}$$

$$s = \frac{1}{9}$$

$$s = 0.11 \text{ m}$$

Acero longitudinal =  $\emptyset 12 \text{ mm @ } 0.11 \text{ m}$

$$c = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$c = \frac{9.74 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2}{0.85 * 280 \text{ kg/cm}^2 * 100 \text{ cm}}$$

$$c = 1.718 \text{ cm}$$

$$c = 1.72 \text{ cm}$$

### **Sentido transversal superior acero de distribución**

$$\frac{100}{\sqrt{L}} \leq 50\% \quad 100\% > 50\%$$

$$A_{sD} = \frac{9.74 \text{ cm}^2}{50\%}$$

$$A_{sD} = 9.74 \text{ cm}^2 * 50\%$$

$$A_{sD} = 4.87 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_s}{\emptyset 12 \text{ mm}}$$

$$\#var = \frac{4.87 \text{ cm}^2}{1.13 \text{ cm}^2}$$

$$\#var = 4.30 \text{ u}$$

$$\#var = 5 \text{ u}$$

$$s = \frac{1 \text{ m}}{\#var}$$

$$s = \frac{1}{5}$$

$$s = 0.20 \text{ m}$$

Acero transversal =  $\emptyset 12 \text{ mm @ } 0.20 \text{ m}$

### **Refuerzo de contracción y temperatura**

$$\rho_{temp} = 0.0018$$

$$A_{s_{temp}} = \rho * b * d$$

$$A_{s_{temp}} = 0.0018 * 100 \text{ cm} * 21.935 \text{ cm}$$

$$A_{s_{temp}} = 3.9482 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_s}{\phi 12mm}$$

$$\#var = \frac{3.95 \text{ cm}^2}{1.13 \text{ cm}^2}$$

$$\#var = 3.49 \text{ u}$$

$$\#var = 4 \text{ u}$$

$$s = \frac{1 \text{ m}}{\#var}$$

$$s = \frac{1}{4}$$

$$s = 0.25 \text{ m}$$

Acero transversal =  $\phi$  12 mm @ 0.25 m

#### 4.4.6.2 DISEÑO DE MURO

##### Acero longitudinal

Momento Máximo para diseño de muro pared obtenido del programa SAP 2000

$$M_{Max} = 9395 \text{ kgm}$$

$$M_u = 0.95 * M_{Max}$$

$$M_u = 0.95 * 9395 \text{ kgm}$$

$$M_u = 8925.25 \text{ kgm}$$

$$M_u = 8926 \text{ kgm}$$

Datos:

Recubrimiento r=2.5 cm

$$A_s \phi 12mm = 1.13 \text{ cm}^2$$

$$z = r + \frac{\emptyset}{2}$$

$$z = 2.5 + \frac{1.13}{2}$$

$$z = 3.065 \text{ cm}$$

$$d = H - z$$

$$d = 20 - 3.065$$

$$d = 16.935 \text{ cm}$$

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2}$$

$$K_u = \frac{8926 \text{ kgm}}{1 \text{ m} * (16.935 \text{ m})^2}$$

$$K_u = 31.13 \text{ cm}^2$$

$$K_u = \varphi * f'c * w(1 - 0.59w)$$

$$31.13 = 0.9 * 280 * w(1 - 0.59w)$$

$$31.13 = w(1 - 0.59w)$$

$$0.123 = w - 0.59w^2$$

$$0.59w^2 - w + 0.123 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-(-1) \pm \sqrt{(-1)^2 - 4 * 0.59 * 0.123}}{2 * 0.59}$$

$$x = \frac{1 \pm \sqrt{0.7097}}{1.18}$$

$$x = \frac{1 \pm 0.8424}{1.18}$$

$$x = \frac{1 + 0.8424}{1.18} = 1.561$$

$$x = \frac{1 - 0.8424}{1.18} = 0.133$$

$$w = 0.133$$

$$\rho = w * \frac{f'c}{fy}$$

$$\rho = 0.133 * \frac{280}{4200}$$

$$\rho = 0.0088$$

$$\rho_{min} = w * \frac{f'c}{fy}$$

$$\rho_{min} = 0.03 * \frac{280}{4200}$$

$$\rho_{min} = 0.002$$

$$As = \rho * b * d$$

$$As = 0.0088 * 100 * 16.935$$

$$As = 14.90 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{As}{\emptyset 12 \text{ mm}}$$

$$\#var = \frac{14.90 \text{ cm}^2}{1.13 \text{ cm}^2}$$

$$\#var = 13.18 \text{ u}$$

$$\#var = 13 \text{ u}$$

$$s = \frac{1 \text{ m}}{\#var}$$

$$s = \frac{1}{13}$$

$$s = 0.08 \text{ m}$$

Acero longitudinal =  $\emptyset 12 \text{ mm @ } 0.08 \text{ m}$

### **Acero transversal**

La estructura no tiene esfuerzos considerables en el sentido transversal. La cuantía mínima necesaria para controlar dichos esfuerzos. Es la cuantía por contracción y temperatura.

$$\rho_{temp} = 0.0018$$

$$A_{s_{temp}} = \rho * b * d$$

$$A_{s_{temp}} = 0.0018 * 100 \text{ cm} * 16.935 \text{ cm}$$

$$A_{s_{temp}} = 3.048 \text{ cm}^2$$

$$\#var = \frac{A_s}{\emptyset 12 \text{ mm}}$$

$$\#var = \frac{3.05 \text{ cm}^2}{1.13 \text{ cm}^2}$$

$$\#var = 2.69 \text{ u}$$

$$\#var = 3 \text{ u}$$

$$s = \frac{1 \text{ m}}{\#var}$$

$$s = \frac{1}{3}$$

$$s = 0.33 \text{ m}$$

Acero transversal =  $\emptyset 12 \text{ mm @ } 0.30 \text{ m}$

### **As máximo**

En el Art. 5.7.3.3.1 Las actuales disposiciones AASHTO LRFD eliminan este límite.

### **As mínimo**

De la misma manera en el Art. 5.7.3.3.2 Siendo una alcantarilla vaciada en el lugar, la cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor valor de  $M_{cr}$  y  $1.33M_u$ .

$$M_{cr} = 1.1 * f_r * S$$

Siendo:

$$f_r = 2.01 * \sqrt{f'_c}$$

$$f_r = 2.01 * \sqrt{280}$$

$$f_r = 33.63 \text{ kgcm}^2$$

$$S = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S = \frac{100 * 25^2}{6}$$

$$S = 10.417 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} = 1.1 * f_r * S$$

$$M_{cr} = 1.1 * 33.63 * 10.417$$

$$M_{cr} = 3.85356 \text{ Tm}$$

$$1.33M_{cr} = 1.33 * 14360 \text{ kgm}$$

$$1.33M_{cr} = 19.099 \text{ Tm}$$

#### **4.5 DISEÑO DE SUMIDEROS**

Datos preliminares

✓  $y=0.15\text{m}$

✓  $Z=3\%$

✓  $n=0.02$

✓  $l=3\%$

$$Q = 0.375 * y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z}{n}\right) * l^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.375 * 0.15^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{1}{\frac{0.03}{0.02}}\right) * (0.03)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.687m^3/s$$

$$Q = A * V$$

$$A = Q/V$$

$$A = \frac{0.687m^3/s}{1.2m/s}$$

$$A = 0.5725m^2$$

$$A = 0.60m^2$$

Generalmente, se adoptan rejillas de dimensiones rectangulares, y por proceso de fabricación industrial se fabrican en dimensiones de 60 mm x 100 mm y 45 mm x 100 mm (24"x 40" y 18" x 40"). En la cual, la base sera 100mm y el ancho de 60mm.

$$A = B * H$$

$$A = 1 m * 0.60 m$$

$$A = 0.60m^2$$

Por lo tanto, se ha obtenido las dimensiones del sumidero y se ha comprobado con dimensiones estandarizadas que se pueden encontrar en el mercado, Es importante recalcar que para la separacion de las barras que conforman la rejilla debe ser la mas adecuada, es decir, que el proyectista imdique por que razones deben ir con dichas medidas.

La separación de las barras en las rejillas varía entre 20 mm - 35 mm - 50 mm (3/4" – 1 3/8" - 2") dependiendo si los sumideros se van a utilizar en zonas urbanas o en carreteras.

Como ya es de conocimiento, debido a la poca cultura de las personas hacen que se tomen medidas cautelares para así evitar taponamientos por basura, y por precautelar la seguridad de los peatones, ya que han existido accidentes de personas que transitan en bicicletas y triciclos, además, personas que se movilizan a pie han sufrido accidentes graves en mucho de los casos, por eso es recomendable colocar rejillas con separaciones máximas de 5 cm.

#### 4.6 DISEÑO DE TUBERÍAS DE SUMIDERO

Datos preliminares

$$✓ Q = 0.687m^3/s$$

$$✓ D_{min} = 0.25m$$

$$✓ R = D_{min}/2$$

$$✓ n = 0.011$$

$$✓ V_{min} = 0.9m/s$$

$$✓ V_{max} = 4.5m/s$$

$$✓ s = 3\%$$

$$Q = A * V$$

$$A = Q/V$$

$$A = 0.687m^3/s/0.9m/s$$

$$A = 0.763m^2$$

$$A = \pi * R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$R = \sqrt{\frac{0.763m^2}{3.1416}}$$

$$R = 0.492m$$

En una sección muy grande, se va tantear la sección correcta:

$$V = \frac{1}{n} * \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.011} * \left(\frac{\pi * R^{23}}{2\pi * R}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.011} * \left(\frac{3.1416 * 0.20^2}{2 * 3.1416 * 0.20}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.03^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 3.39 \text{ m/s}$$

$$Q = A * V$$

$$A = Q/V$$

$$A = 0.687m^3/s/4m/s$$

$$A = 0.171m^2$$

$$A = \pi * R^2$$

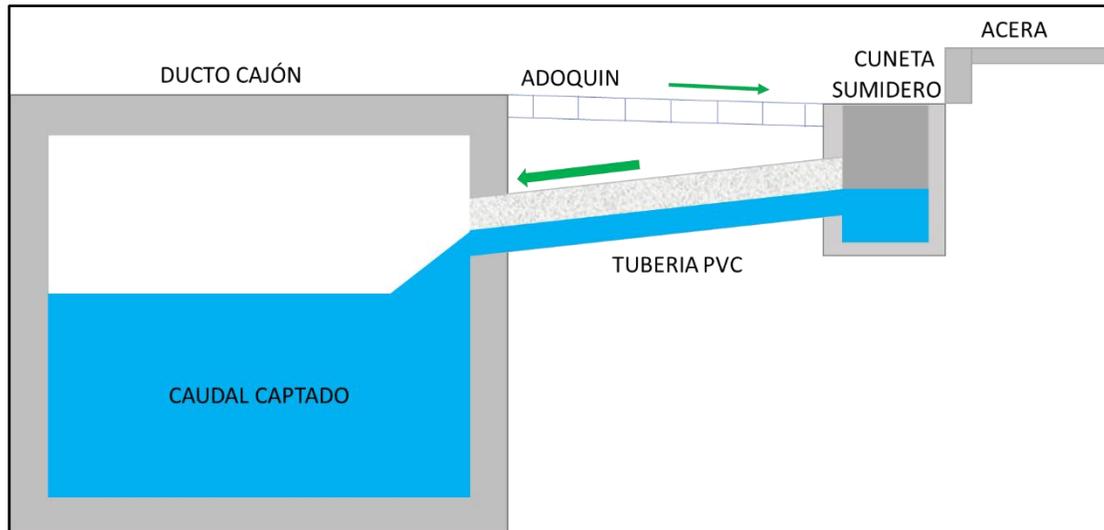
$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$R = \sqrt{\frac{0.171m^2}{3.1416}}$$

$$R = 0.233m$$

$$R = 0.25m$$

$$D = 0.50m$$



**Figura 45.** Representación gráfica del funcionamiento del proyecto  
Fuente: Tesis

#### 4.7 PLAN DE MANTENIMIENTO

El Plan de mantenimiento es la parte más importante de una estructura o proyecto, se citará a continuación las siguientes consideraciones a tomar en cuenta:

- ✓ Limpieza de canales abiertos aguas arriba del ducto cajón tiene que ser en los meses de noviembre y diciembre, aprovechando los caudales mínimos para así realizar una correcta limpieza de maleza y material sedimentado.
- ✓ En ductos existentes realizar limpieza por tramos, es decir por cámaras dotando al personal un equipo adecuado, las tapas deben ser retiradas de dos a tres cámaras para que haya circulación del viento y evitar posibles asfixias, el personal de mantenimiento debe ingresar y retirar todo el material que se queda asentado luego de la época invernal, y si no es el caso debería darse este tipo de mantenimiento anual es decir cada año ya

así la sección hidráulico no se reduciría y trabajaría de de una manera eficiente y a largo plazo, es decir trabajaría según la vida útil del material.

- ✓ Existen puntos donde se han levantado estructuras pequeñas, que funcionan como puentes para vehículos y personas, estas obras unas han cumplido la vida útil, otra ya no funcionan para el caudal que fueron diseñadas y otras al parecer no tuvieron bajo la orden de una dirección técnica ya que están muy sobre la vía o muy debajo de la misma, posiblemente la gente construyó por la necesidad que se tenía según manifestaron algunos moradores, Estas estructuras muchas de ellas son causantes de inundaciones debido al colapso y deberían ser demolidas lo más pronto posible.
- ✓ Todas las indicaciones citadas anteriormente generan otro muy importante que es el agrado de los habitantes que se sienten atendidos, porque solo esperar que ocurra alguna tragedia para tomar cartas en el asunto, esto genera confianza y contribuirá con nuestra cultura.

## **CONCLUSIONES**

El sistema ducto-cajón propuesto tendrá la función de transportar caudales mínimos que sean de auto limpieza para evitar sedimentación, y a su vez, obtendrá su velocidad máxima permitida y evitará socavación y deterioro en la estructura, su sección hidráulica de 3,4 metros de ancho por 3 metros de altura, es la apropiada para conducir el caudal máximo, la finalidad es mitigar posibles inundaciones y enfermedades, dicho esto, es una solución integral, colabora con el medio ambiente y mejora la calidad de vida de todos los habitantes, el impacto económico es compensado por la importancia de su construcción.

Como se ha podido notar que los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial han sido muy vulnerables, más aun, en la parte costanera del Ecuador. Se puede palpar con claridad que estas redes y/o proyectos se los ha tomado como tema político, sin concienciar del peligro que acarrea cuando no se emplean las normas ni técnicas adecuadas al momento de diseñar proyectos de esta naturaleza, en las entidades públicas no existe un control, más bien son ellos los que por propuesta en campaña política ejecutan obras que en su mayoría no tienen un estudio técnico, peor aún, no existe una correcta fiscalización.

## **RECOMENDACIONES**

Como recomendación personal es hacer conciencia, y por lo menos, no verlo de una manera política por sobre la técnica. Pues, como profesional se tiene la ética, la moral y el deber de cumplir con cada norma y reglamento que conlleve a cualquier proyecto, pues bien, la parte fundamental e importante es mitigar desastres naturales y posibles enfermedades.

Como plan de contingencia para evitar pérdidas materiales y humanas debido al riesgo que conlleva vivir junto a los canales se ha hecho visitas a las personas que habitan en lugares peligrosos ya sea por motivos de extrema pobreza o por falta de organización de parte de las autoridades competentes no se dan un correcto asentamiento, es probable que los asentamientos ilegales han sido generador de los problemas que tiene los sistemas de aguas pluviales, dicha visitas los moradores manifestaron que ellos saben el peligro que conlleva vivir cerca de esteros y canales sin respetar la distancia que las leyes y ordenanzas lo dictan, sin embargo ellos están dispuestos a salir de allí pero piden la ayuda a las autoridades que se encuentran encargados para que se les done el terreno.

Dar un correcto mantenimiento de limpieza de todas las estructuras ducto-cajón para así evitar colapsos por taponamientos, ya que estos en épocas invernales son arrastrados por el volumen del caudal que acarrea.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Agua, S. d. (1992). *Codigo Ecuatoriano de la Construcción Parte IX Obras Saniatrias. Normas para Estudio y Diseño de sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* Quito.
- Aguamarket. (2017). *Aguamarket.* Obtenido de Capacidad: Característica física de un cauce abierto que, en función de la superficie de la sección transversal y su rugosidad, multiplicado por la raíz cuadrada de la pendiente, da el caudal correspondiente del cauce o canal. Caudal máximo que un conducto, canal u
- AMERICAN CONCRETE INTITUTE. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto estructural.* Farmington Hills: Country Club Drive.
- Apuntes de Ingeniería Civil. (04 de 2011). *Proyectos, apuntes y normas técnicas de Ingeniería Civil para compartir con todos, como también el conocimiento, algunos ejemplos y ejercicios teóricos- practicos.* Obtenido de Periodo de Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario: <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/04/periodo-de-diseño-de-la-red-de.html>
- ARQHYS ARQUITECTURA. (06 de 2013). *ARQHYS ARQUITECTURA.* Obtenido de Cargas vivas y muertas: <https://www.arqhys.com/artículos/cargas-vivas-muertas.html>
- Castillo Alicia,. González Édgar. (2006). *Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México.* MEXICO.
- Chow, V. T. (1998). *Hidráulica de Canales Abiertos.* Bogotá: Martha Edna Suárez R.
- CIV Construcciones. (2013). *Ducto cajón Durán.* Obtenido de Ducto cajón Durán: <http://www.civconstrucciones.com/ver-proyecto.php?Codigo=8>

Comino, A. (2018). *GeoGebra*. Obtenido de Pendiente:  
<https://www.geogebra.org/m/wmGn9JAW>

CONCEPTO DEFINICIÓN. DE. (2014). *CONCEPTO DEFINICIÓN. DE*. Obtenido de  
 Definición de Desgaste: <http://concepto definición.de/desgaste/>

De La Lanza. Guadalupe, Cáceres. Carlos, Adame. Salvador, Hernández. Salvador . (31 de 12 de  
 1998). *Diccionario de Hidrología y Ciencias afines*. México: Plaza y Valdés. Obtenido de  
 Diccionario de hidrología y ciencias afines.

Definición.com. (2018). *Definición.com*. Obtenido de Resguardo: <https://definicion.de/resguardo/>

Definición a. (2018). *Definición y Etimología*. Obtenido de Definición de Desbordamiento:  
<https://definicion a.com/desbordamiento/>

Definición ABC. (2018). *Definición ABC*. Obtenido de Definición de Mitigar:  
<https://www.definicionabc.com/general/mitigar.php>

Definición y Que Es. (2014). *Definición y Que Es*. Obtenido de Definición de Aguas Servidas:  
<http://definicionyque.es/aguas-servidas/>

Diccionario de Geotécnia. (2017). *Diccionario de Geotécnia*. Obtenido de Registro Pluviográfico:  
<http://diccionario.geotecnia.online/diccionario/registro-pluviografico/>

Ecuared. (09 de 06 de 2017). *Ecured*. Obtenido de Alcantarillado:  
<https://www.ecured.cu/Alcantarillado>

Fancesa. (2017). *Concrettec*. Recuperado el 2017, de Alcantarilla cajón:  
<http://www.concrettec.com.bo/index.php/productos/prefabricados/alcantarilla-cajón>

Fratelli, M. G. (1993). *Suelos .Fundaciones y Muros*. Caracas: Bonalde Editores.

GAD, M. L. (2016).

Glosario de Riego. (2018). *Glosario de Riego*. Obtenido de Infiltrómetro:  
<https://www.riego.org/glosario/tag/infiltrómetro/>

Glosario General de Términos. (2012). *Glosario General de Términos*. México.

Glosario.net. (2018). *Glosario.net*. Obtenido de Impermeabilizar: <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/impermeabilizar-7159.html>

Glosario.net. (2018). *Glosario.terminos*. Obtenido de Traslapar: <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/traslapar-7692.html>

Gobierno Provincial del Cañar. (05 de 03 de 2014). *Gobierno Autónomo Descentralizado del Cañar*. Obtenido de Construyen ducto cajón sobre la quebrada Hinahuayco:  
[http://www.gobiernodelcañar.gob.ec/public\\_html/noticias/construyen-ducto-cajon-sobre-la-quebrada-hinahuayco.72](http://www.gobiernodelcañar.gob.ec/public_html/noticias/construyen-ducto-cajon-sobre-la-quebrada-hinahuayco.72)

Graciela, F. M. (1993). *Suelos, Fundaciones y Muros*. Caracas: BONALDE EDITORES.

Guibo, j. (04 de 11 de 2011). *CURSO FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN EN PIP DEL SECTOR SANEAMIENTO*. Obtenido de Periodo Óptimo de Diseño:  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/capacidades/capac/Formulacion\\_Saneamiento.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacidades/capac/Formulacion_Saneamiento.pdf)

Ilaya, A. (31 de 03 de 2011). *Universidad Técnica de Oruro*. Obtenido de CIV "3239" Ingeniería Sanitaria II: [http://docentes.uto.edu.bo/ailayaa/?page\\_id=7](http://docentes.uto.edu.bo/ailayaa/?page_id=7)

INFOJARDÍN. (2017). *INFOJARDÍN*. Obtenido de Infiltración:  
<http://www.infojardin.net/glosario/huerta-hidroponica/infiltracion.htm>

Ingenieria Civil. (01 de 2010). *Ingenieria Civil*. Obtenido de Saturado:  
<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/01/fases-del-suelo.html>

Ingeniero, C. d. (2018). *Cueva del Ingeniero*. Obtenido de Esgurrimiento:  
<https://www.cuevadelcivil.com/2010/12/esgurrimiento.html>

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2013). *Glosario de Conceptos*. San José.

LinkedIn. (2017). *Slideshare*. Obtenido de Sistema de alcantarillado:  
<https://es.slideshare.net/josecurcol/sistema-de-alcantarillado-35184037>

Martín, J. (2002). *Ingeniería de ríos*. Barcelona: Editions UPC.

Martín. Bonari. (24 de 05 de 2018). *Dosificación del concreto*. Obtenido de Dosificación:  
<https://martinbonari.com/dosificacion-de-concreto/>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Glosario de términos de uso*. Lima.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC. (2014). *Geotécnia y Cimentaciones*. Quito:  
Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS. (2014). *Peligro Sísmico Parte I*. Quito:  
Dirección de Comunicación Social. MIDUVI.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM. (2014). *Estructuras de Hormigón Armado*.  
Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Oxford Living Dictionaries. (2018). *Oxford Living Dictionaries*. Obtenido de Colector:  
<https://es.oxforddictionaries.com/definicion/colector>

Pérez, J. (2017). *Definición de ducto*. Recuperado el 2017, de Definición de:  
<https://definicion.de/ducto/>

Scrib. (2017). *Scrib*. Obtenido de Definición una alcantarilla:  
<https://es.scribd.com/document/314479146/Definición-Una-Alcantarilla>

Scribd. (2018). *Scribd*. Obtenido de Concepto de Hidrología:  
<https://es.scribd.com/document/244480932/CONCEPTO-DE-HIDROLOGÍA-pdf>

Scribd. (2018). *Scribd*. Obtenido de Coeficiente de Rugosidad:  
<https://es.scribd.com/doc/71840588/Coeficiente-de-Rugosidad>

Secretaria Del Agua. (1992). *Norma de Diseño para Sistemas de abastecimiento de Agua Potable, disposición de Excretas y residuos Liquidos en el Area Rural*. Quito.

Serquén, R. A. (2016). *Puentes*. Perú.

Significados. (2018). *Significados*. Obtenido de Significado de Presión:  
<https://www.significados.com/presión/>

SlideShare. (26 de 03 de 2012). *SlideShare*. Obtenido de Aguas Pluviales:  
<https://es.slideshare.net/luislas/aguas-pluviales>

Universidad Nacional de Colombia. Vélez Upegui. Jorge Julián Botero Hernández. Blanca Adriana Parra Toro. Juan Camilo Aristizábal Murillo. Víctor Marulanda Aguirre. Mauricio Alejandro. (2013). *Diseño Hidráulico e Hidrológico de obras de ingeniería para Proyectos Viales*. Manizales: Editorial Blanecolor S.A.S.

Universidad Politecnica de Madrid. (s.f.). Interceptación. *DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL*.

Urbanismo.com. (2018). *Urbanismo.com*. Obtenido de Acero de refuerzo:  
<https://www.urbanismo.com/materiales-de-construcción-acero-de-refuerzo/>

Wikipedia. (12 de 11 de 2017). *Wikipedia*. Obtenido de Canton La Troncal:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_La\\_Troncal](https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_La_Troncal)

Wikipedia. (05 de 06 de 2017). *Wikipedia*. Obtenido de Alcantarilla:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Alcantarilla\\_\(construcci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Alcantarilla_(construcci%C3%B3n))

Wikipedia. (21 de 08 de 2017). *Wikipedia*. Obtenido de Drenaje:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Drenaje>

Wikipedia. (15 de 02 de 2018). *Wikipedia*. Obtenido de Caudal:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal\\_\(fluido\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal_(fluido))

Wikipedia. (06 de 05 de 2018). *Wikipedia*. Obtenido de Afluente:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Afluente>

WordReferencia .com. (20189). *WordReferencia .com*. Obtenido de Isótropa:  
<http://www.wordreference.com/definición/is%C3%B3tropa>

## ANEXOS

### Anexo I. Ensayo contenido de humedad

<b>ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>								<i>REGISTRO DE ENSAYOS</i>
<b>NORMA ASTM D 2216</b>								
SOLICITANTE: <u>LUIS ALFREDO GUALPA CHACÓN</u>				SONDEO: <u>S1</u>				
PROYECTO: <u>DUCTO CAJÓN</u>				ABSCISA: <u>70+000</u>				
UBICACIÓN: <u>Barrio Bellavista La Troncal</u>				COTA: _____				
FECHA TOMA: <u>5/2/2018</u>				FECHA ENSAYO: <u>6/2/2018</u>				
Muestra #	Profundidad m	Tara #	P.hum + tara gr	P.seco + tara gr	P. tara gr	P. agua gr	P. seco gr	Humedad %
1	0.00 - 0.30	K	95,79	82,57	18,11	13,22	64,46	20,51%
2	0.75 - 1.20	R1	98,34	77,51	18,20	20,83	59,31	35,12%
3	1.25 - 1.70	P1	91,92	75,73	18,07	16,19	57,66	28,08%
4	1.85 - 2.30	I	95,97	80,45	18,04	15,52	62,41	24,87%
5	3.05 - 3.50	C	110,20	82,19	18,33	28,01	63,86	43,86%
6	4.55 - 5.00	C1	88,60	65,41	17,64	23,19	47,77	48,55%
7	6.05 - 6.50	H	94,03	87,31	17,47	6,72	69,84	9,62%
8	6.55 - 7.00	P1	99,57	90,47	18,25	9,10	72,22	12,60%
9	7.85 - 8.30	Tara	70,51	65,07	18,01	5,44	47,06	11,56%
10	9.05 - 9.50	B1	82,54	71,89	17,77	10,65	54,12	19,68%
11	10.55 - 11.00	XIV	105,09	77,79	17,65	27,30	60,14	45,39%
12	12.05 - 12.50	A1	88,77	69,59	17,99	19,18	51,60	37,17%
13	13.55 - 14.00	Y	99,45	79,44	18,18	20,01	61,26	32,66%
14	15.05 - 15.50	S	88,14	73,33	18,06	14,81	55,27	26,80%
15	16.55 - 16.85	U	88,21	72,42	17,99	15,79	54,43	29,01%

Fuente: Estudio de suelo

Anexo 2. Ensayo de granulometría

REGISTRO DE ENSAYOS											
<b>ENSAYO DE GRANULOMETRIA NORMA ASTM D 421 Y D 422</b>											
SOLICITANTE: <u>LUIS ALFREDO GUALPA CHACÓN</u>						SONDEO: <u>S1</u>					
PROYECTO: <u>DUCTO CAJÓN</u>						ABSCISA: <u>70+000</u>					
UBICACIÓN: <u>Barrio Bellavista La Troncal</u>						COTA: _____					
FECHA TOMA: <u>5/2/2018</u>						FECHA ENSAYO: <u>6/2/2018</u>					
Muestra #	Profundidad m	Tara #	Pesos antes del lavado ( gr. )			Pesos despues del lavado (gr.)				Pasante	
			P.S. + tara	P. tara	P. seco	P.S. + tara	P.S. #4	P. tara	P. seco	#4 %	%
1	0.00 - 0.30	K	82,57	18,11	64,46	57,97	5,36	18,11	39,86	91,68%	38,16%
2	0.75 - 1.20	R1	77,51	18,20	59,31	26,54	0,30	18,20	8,34	99,49%	85,94%
3	1.25 - 1.70	P1	75,73	18,07	57,66	39,58	3,57	18,07	21,51	93,81%	62,70%
4	1.85 - 2.30	I	80,45	18,04	62,41	50,76		18,04	32,72		47,57%
5	3.05 - 3.50	C	82,19	18,33	63,86	23,70		18,33	5,37		91,59%
6	4.55 - 5.00	C1	65,41	17,64	47,77	18,62		17,64	0,98		97,95%
7	6.05 - 6.50	H	87,31	17,47	69,84	82,41	27,71	17,47	64,94	60,32%	7,02%
8	6.55 - 7.00	P1	90,47	18,25	72,22	86,28	28,52	18,25	68,03	60,51%	5,80%
9	7.85 - 8.30	Tara	65,07	18,01	47,06	62,04	17,72	18,01	44,03	62,35%	6,44%
10	9.05 - 9.50	B1	71,89	17,77	54,12	65,56	2,56	17,77	47,79	95,27%	11,70%
11	10.55 - 11.00	XIV	77,79	17,65	60,14	20,68		17,65	3,03		94,96%
12	12.05 - 12.50	A1	69,59	17,99	51,60	19,15		17,99	1,16		97,75%
13	13.55 - 14.00	Y	79,44	18,18	61,26	54,04		18,18	35,86		41,46%
14	15.05 - 15.50	S	73,33	18,06	55,27	65,42	1,56	18,06	47,36	97,18%	14,31%
15	16.55 - 16.85	U	72,42	17,99	54,43	69,45	3,44	17,99	51,46	93,68%	5,46%

Fuente: Estudio de suelo

Anexo 3. Ensayo de límite líquido

REGISTRO DE ENSAYOS								
<b>ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO (DE UN SOLO PUNTO)</b>								
<b>NORMA ASTM D 4318-05 METODO B</b>								
SOLICITANTE: <u>LUIS ALFREDO GUALPA CHACÓN</u>				SONDEO: <u>S1</u>				
PROYECTO: <u>DUCTO CAJÓN</u>				ABSCISA: <u>70+000</u>				
UBICACIÓN: <u>Barrio Bellavista La Troncal</u>				COTA: _____				
FECHA TOMA: <u>5/2/2018</u>				FECHA ENSAYO: <u>6/2/2018</u>				
Muestra No.	Profundidad m	Tara No.	Número de Golpes N	Peso húmedo + tara (gr)	Peso seco + tara (gr)	Peso de la tara (gr)	Humedad %	Límite Líquido %
1	0.00 - 0.30		NP					
2	0.75 - 1.20	A	25	15,35	12,04	6,14	56,10%	56,10%
3	1.25 - 1.70	C	22	16,46	13,90	6,02	32,49%	32,00%
4	1.85 - 2.30		NP					
5	3.05 - 3.50	V	21	17,57	14,39	7,98	49,61%	48,57%
6	4.55 - 5.00	H	20	15,07	11,83	5,86	54,27%	52,86%
7	6.05 - 6.50		NP					
8	6.55 - 7.00		NP					
9	7.85 - 8.30		NP					
10	9.05 - 9.50		NP					
11	10.55 - 11.00	P1	26	15,51	12,07	6,36	60,25%	60,55%
12	12.05 - 12.50	G	24	16,66	13,31	7,86	61,47%	61,16%
13	13.55 - 14.00		NP					
14	15.05 - 15.50		NP					
15	16.55 - 16.85		NP					

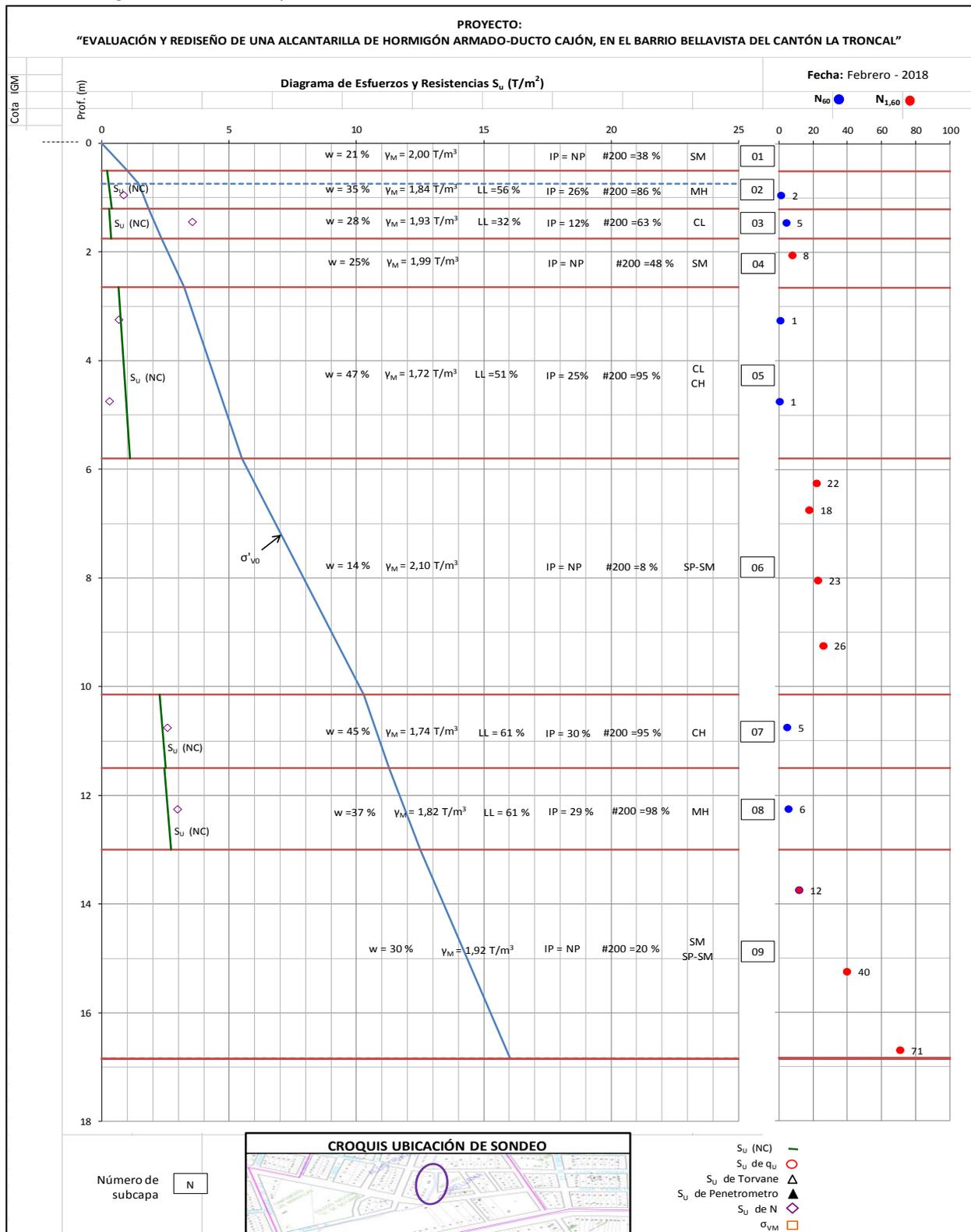
Fuente: Estudio de suelo

Anexo 4. Ensayo de limite plástico

<b>ENSAYO DE LIMITE PLASTICO</b>							<i>REGISTRO DE ENSAYOS</i>
<b>NORMA ASTM D 4318</b>							
SOLICITANTE:	LUIS ALFREDO GUALPA CHACÓN			SONDEO:	S1		
PROYECTO:	DUCTO CAJÓN			ABSCISA:	70+000		
UBICACIÓN:	Barrio Bellavista La Troncal			COTA:			
FECHA TOMA:	5/2/2018			FECHA ENSAYO:	6/2/2018		
Muestra #	Profundidad m	Tara #	Peso hum + tara gr	Peso seco + tara gr	Peso de tara gr	Humedad %	LP %
2	0.75 - 1.20	P2	11,32	10,30	6,91	30,09%	30,06%
		I	10,67	9,85	7,10	29,82%	
		B	10,84	9,98	7,14	30,28%	
3	1.25 - 1.70	G	9,61	9,10	6,76	21,79%	20,35%
		J2	11,03	10,39	7,23	20,25%	
		F	10,53	9,99	7,15	19,01%	
5	3.05 - 3.50	O	11,24	10,38	7,17	26,79%	26,53%
		K	10,67	9,97	7,32	26,42%	
		E	10,63	9,87	6,99	26,39%	
6	4.55 - 5.00	V	10,14	9,49	7,01	26,21%	26,25%
		A	10,76	9,95	6,89	26,47%	
		K1	10,52	9,85	7,28	26,07%	
11	10.55 - 11.00	J2	10,66	9,74	6,79	31,19%	30,31%
		D	10,54	9,64	6,65	30,10%	
		A1	11,10	10,24	7,34	29,66%	
12	12.05 - 12.50	O2	12,46	11,03	6,78	33,65%	32,32%
		T	15,96	14,60	10,35	32,00%	
		C	11,54	10,40	6,76	31,32%	

Fuente: Estudio de suelo

### Anexo 5. Diagrama de esfuerzos y resistencias



Fuente: Estudio de suelo

Anexo 6. Resumen de ensayo de campo y laboratorio

RESUMEN DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO															SONDEO N°	S1	
OBRA: DUCTO-CAJÓN															HOJA N°	1 de 2	
LOCALIZACION: Barrio Bellavista La Troncal															COTA:	NF:	
															0,75 m		
															Febrero - 2016		
MUES- TRA N°	PROFUND. (m.)	DESCRIPCION	ESTRATI GRAFIA	SUCS	W %	LW %	IP %	$\gamma_m$ T/m3	$q_u$ T/m²	$\epsilon$ %	Torc. T/m²	Pn T/m²	N°4 %	N°200 %	N	N <sub>60</sub>	HUMEDADES
1	0.00 - 0.30	Arena media limosa con gravilla		SM	21		NP						92	38			
2	0.75 - 1.20	Limo arcilloso café claro con pintas de oxidación. Consistencia blanda		MH	35	56	26						99	86	3	2	
3	1.25 - 1.70	Arcilla limosa con pequeñas capas de arena. Consistencia media		CL	28	32	12						94	63	8	5	
4	1.85 - 2.30	Arena fina limosa color café oscuro de compacidad suelta		SM	25		NP						100	48	8	5	
5	3.05 - 3.50	Arcilla limosa con pequeñas capas de arena y pintas de oxidación		CL	44	49	22						100	92	2	1	
6	4.55 - 5.00	Consistencia blanda		CH	49	53	27						100	98	1	1	
7	6.05 - 6.50			SP-SM	10		NP						60	7	24	17	
8	6.55 - 7.00	Arena media limosa con gravilla color café a gris verdosa de compacidad medio densa		SP-SM	13		NP						61	6	21	15	
9	7.85 - 8.30			SP-SM	12		NP						62	6	29	21	
10	9.05 - 9.50			SP-SM	20		NP						95	12	34	26	
11	10.55 - 11.00	Arcilla limosa color gris verdoso de consistencia media		CH	45	61	30						100	95	7	5	
12	12.05 - 12.50	Limo arcilloso color gris verdoso de consistencia media		MH	37	61	29						100	98	8	6	
13	13.55 - 14.00	Arena fina limosa color gris verdosa de compacidad medio densa		SM	33		NP						100	41	18	14	
14	15.05 - 15.50	a muy densa		SM	27		NP						97	14	64	48	
VERSION 1 - MAYO - 2009															RESUMEN DE ENSAYOS		
RESUMEN DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO															SONDEO N°	S1	
OBRA: DUCTO-CAJÓN															HOJA N°	2 de 2	
LOCALIZACION: Barrio Bellavista La Troncal															COTA:	NF:	
															0,75 m		
															Febrero - 2016		
MUES- TRA N°	PROFUND. (m.)	DESCRIPCION	ESTRATI GRAFIA	SUCS	W %	LW %	IP %	$\gamma_m$ T/m3	$q_u$ T/m²	$\epsilon$ %	Torc. T/m²	Pn T/m²	N°4 %	N°200 %	N	N <sub>60</sub>	HUMEDADES
15	16.55 - 16.85	Arena fina a media limosa, gris verdosa de compacidad muy densa		SP-SM	29		NP						94	5	60/6°	90	
		<b>FIN PERFORACION</b>															

Fuente: Estudio de suelo