

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO UTILIZANDO LOS MÉTODOS ASD y LRFD”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Luis Eduardo Cabanillas Hualpa

Asesor:

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2021



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

## **DEDICATORIA**

### **A MI MADRE**

Gregoria Graciela Hualpa Honorio  
por ser el pilar de mi vida la que  
me enseñó el valor de mi esfuerzo  
y compromiso lo cual me ayuda a ser  
un mejor profesional y afrontar el  
futuro profesional que me espera.

### **A MIS HERMANOS**

Gerson y Rosario que son parte importante  
de mi vida, los que me alientan a superarme  
cada día con sus palabras de aliento.

### **A MI ENAMORADA**

Deysi Guevara Dávila por ser parte  
de mi crecimiento personal y profesional  
ademas de su apoyo incondicional frente  
a mis retos académicos.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**

Por ser mi alma máter durante  
mis años como estudiantes en  
sus aulas.

### **A MIS PADRES**

Gregoria Graciela Hualpa Honorio y Luis  
Cabanillas Chilón, por ser mi soporte  
y enseñarme a cumplir con mi objetivos  
día a día

### **AL DIRECTOR DE CARRERA**

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga por  
compartir sus enseñanzas y conocimientos.

### **AL ASESOR**

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento por su  
apoyo incondicional y guía durante la carrera,  
y el asesoramiento en el desarrollo de esta tesis  
ademas de su predisposición para orientarme.

### **AL INGENIERO**

Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán por su  
apoyo y predisposición para poder acceder  
a su investigación además de su mentoría.

### **A MIS HERMANOS**

Gerson y Rosario por su apoyo y exigencia  
en mi vida personal y profesional.

### **A MI ENAMORADA**

Deysi Guevara Dávila por su apoyo  
y persistencia a lo largo de mi vida como  
estudiante.

### **A MIS AMIGOS**

Roger y Elizabeth por su amistad incondicional y  
apoyo en mi crecimiento personal.

Piero y Verner por su amistad incondicional y  
apoyo en mi crecimiento profesional a lo  
largo de la carrera universitaria.

Johan, Miguel y Christian por el camino  
y la amistad forjada.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
Respecto a la Geotécnica.....	22
Respecto a la Estructura.....	22
Respecto a los Costos .....	26
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>28</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>33</b>
ANEXO N° 1. FORMATO EXTRACCIÓN DE DATOS. ....	33
ANEXO N° 2. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DEL CALCULO POR CADA MÉTODO: ASD Y LRFD, PARA MURO DE COTENCION DE VOLADIZO .....	34
ANEXO N° 3. PLANOS MURO DE CONTECIÓN EN VOLADIZO .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación geotécnica de muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado .....	22
Tabla 2 Comparación de momentos últimos de muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado .....	22
Tabla 3 Comparación de acero requerido en muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado	24
Tabla 4 Comparación de costos de muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado .....	26
Tabla 5 Datos para diseño de muro en voladizo ASD .....	34
Tabla 6 Cargas verticales y momentos en muro voladizo ASD .....	35
Tabla 7 Cargas horizontales y momentos ASD .....	36
Tabla 8 Resumen cargas verticales muro voladizo ASD .....	36
Tabla 9 Resumen cargas horizontales muro voladizo ASD .....	36
Tabla 10 Factores de seguridad en la capacidad geotécnica máxima de zapatas extendidas para falla por deslizamiento .....	38
Tabla 11 Calculo empuje horizontal y momentos en fuste de muro voladizo ASD .....	38
Tabla 12 Cálculo Acero principal y distribución en fuste de muro voladizo ASD .....	39
Tabla 13 Verificación corte en fuste muro voladizo ASD .....	40
Tabla 14 Calculo empuje horizontal y momentos a 2/3 de la pantalla de muro voladizo ASD .....	40
Tabla 15 Cálculo Acero principal y distribución a 2/3 de altura de pantalla de muro voladizo ASD ...	40
Tabla 16 Verificación corte a 2/3 de la pantalla de muro voladizo ASD .....	41
Tabla 17 Calculo empuje horizontal y momentos a 1/3 de la pantalla de muro voladizo ASD .....	42
Tabla 18 Cálculo Acero principal y distribución a 1/3 de altura de pantalla de muro voladizo ASD ...	42
Tabla 19 Verificación corte a 1/3 de la pantalla de muro voladizo ASD .....	43
Tabla 20 Cálculo Acero en la Punta de muro voladizo ASD .....	44
Tabla 21 Verificación corte en la punta de muro voladizo ASD .....	44
Tabla 22 Cálculo acero en el talón de muro voladizo ASD .....	45
Tabla 23 Verificación corte en el talón de muro voladizo ASD .....	46
Tabla 24 Datos para diseño de muro en voladizo LRFD .....	47
Tabla 25 Carga muerta y momentos de componentes estructurales y accesorios no estructurales de muro en voladizo LRFD .....	48
Tabla 26 Cálculo de presión de tierra y momento de muros en voladizo LRFD .....	49
Tabla 27 AAHSTO A3.11.62-1 .....	49
Tabla 28 Cálculo de recargo por carga viva y momentos de muro de voladizo LRFD .....	50
Tabla 29 Cálculo de presión lateral de tierra y momento en el talón de muro voladizo LRFD .....	50
Tabla 30 Cálculo total de muro voladizo LRFD .....	50
Tabla 31 Cálculo de recargo por carga viva y momento de muro de voladizo LRFD .....	51
Tabla 32 Cálculo de presión lateral de tierra y momento de muro voladizo LRFD .....	51
Tabla 33 Cálculo total de muro voladizo LRFD .....	51
Tabla 34 Resumen del cálculo de cargas verticales de muro voladizo LRFD .....	51
Tabla 35 Resumen del cálculo de cargas horizontales en muro voladizo LRFD .....	52
Tabla 36 Cálculo de factores de carga de muro voladizo LRFD .....	52
Tabla 37 Cálculo de cargas verticales factorizadas de muro voladizo LRFD .....	52
Tabla 38 Cálculo de cargas horizontales factorizadas de muro voladizo LRFD .....	53
Tabla 39 Verificación de excentricidad de muro voladizo LRFD .....	53
Tabla 40 Cálculo de presiones en zapata de muro voladizo LRFD .....	54
Tabla 41 Factor de resistencia de suelo para método LRFD .....	55
Tabla 42 Factor de resistencia de suelo para método LRFD .....	57
Tabla 43 Verificación de deslizamiento de muro voladizo LRFD .....	57
Tabla 44 Calculo empuje horizontal y momentos en fuste de muro voladizo LRFD .....	58
Tabla 45 Cálculo Acero principal y distribución en fuste de muro voladizo LRFD .....	58
Tabla 46 Verificación corte en fuste muro voladizo LRFD .....	59
Tabla 47 Calculo empuje horizontal y momentos a 2/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD .....	59
Tabla 48 Cálculo Acero principal y distribución a 2/3 de altura de pantalla de muro voladizo LRFD	60

Tabla 49 Verificación corte a 2/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD .....	61
Tabla 50 Calculo empuje horizontal y momentos a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD .....	61
Tabla 51 Cálculo Acero principal y distribución a 1/3 de altura de pantalla de muro voladizo LRFD .....	61
Tabla 52 Verificación corte a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD .....	62
Tabla 53 Cálculo Acero en la Punta de muro voladizo LRFD .....	63
Tabla 54 Verificación corte en la punta de muro voladizo LRFD .....	64
Tabla 55 Cálculo acero en el talón de muro voladizo LRFD .....	64
Tabla 56 Verificación corte en el talón de muro voladizo LRFD .....	65
Tabla 57 Datos para diseño de muro en voladizo LRFD Optimizado .....	66
Tabla 58 Carga muerta y momentos de componentes estructurales y accesorios no estructurales de muro en voladizo LRFD Optimizado .....	67
Tabla 59 Cálculo de presión de tierra y momento de muros en voladizo LRFD Optimizado .....	67
Tabla 60 AAHSTO A3.11.6.2-1 .....	67
Tabla 61 Cálculo de recargo por carga viva y momentos de muro de voladizo LRFD Optimizado .....	68
Tabla 62 Cálculo de presión lateral de tierra y momento en el talón de muro voladizo LRFD Optimizado .....	68
Tabla 63 Cálculo total de muro voladizo LRFD Optimizado .....	69
Tabla 64 Cálculo de recargo por carga viva y momento de muro de voladizo LRFD Optimizado .....	69
Tabla 65 Cálculo de presión lateral de tierra y momento de muro voladizo LRFD Optimizado .....	69
Tabla 66 Cálculo total de muro voladizo LRFD Optimizado .....	70
Tabla 67 Resumen del cálculo de cargas verticales de muro voladizo LRFD Optimizado .....	70
Tabla 68 Resumen del cálculo de cargas horizontales en muro voladizo LRFD Optimizado .....	70
Tabla 69 Cálculo de factores de carga de muro voladizo LRFD Optimizado .....	70
Tabla 70 Cálculo de cargas verticales factorizadas de muro voladizo LRFD Optimizado .....	71
Tabla 71 Cálculo de cargas horizontales factorizadas de muro voladizo LRFD Optimizado .....	71
Tabla 72 Verificación de excentricidad de muro voladizo LRFD Optimizado .....	72
Tabla 73 Cálculo de presiones en zapata de muro voladizo LRFD Optimizado .....	72
Tabla 74 Factor de resistencia de suelo para método LRFD .....	73
Tabla 75 Factor de resistencia de suelo para método LRFD .....	74
Tabla 76 Verificación de deslizamiento de muro voladizo LRFD Optimizado .....	75
Tabla 77 Cálculo empuje horizontal y momentos en fuste de muro voladizo LRFD Optimizado .....	76
Tabla 78 Cálculo Acero principal y distribución en fuste de muro voladizo LRFD Optimizado .....	77
Tabla 79 Verificación corte en fuste muro voladizo LRFD Optimizado .....	77
Tabla 80 Calculo empuje horizontal y momentos a 2/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado .....	78
Tabla 81 Cálculo Acero principal y distribución a 2/3 de altura de pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado .....	78
Tabla 82 Verificación corte a 2/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado .....	79
Tabla 83 Calculo empuje horizontal y momentos a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado .....	79
Tabla 84 Cálculo Acero principal y distribución a 1/3 de altura de pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado .....	80
Tabla 85 Verificación corte a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado .....	81
Tabla 86 Cálculo Acero en la Punta de muro voladizo LRFD Optimizado .....	82
Tabla 87 Verificación corte en la punta de muro voladizo LRFD Optimizado .....	82
Tabla 88 Cálculo acero en el talón de muro voladizo LRFD Optimizado .....	83
Tabla 89 Verificación corte en el talón de muro voladizo LRFD Optimizado .....	84
Tabla 90 Cálculo de metrado de concreto armado de muro voladizo ASD .....	85
Tabla 91 Cálculo de metrado de acero de muro voladizo ASD .....	85
Tabla 92 Cálculo del costo de concreto de muro voladizo ASD .....	86
Tabla 93 Cálculo de acero de refuerzo en muro voladizo ASD .....	87
Tabla 94 Cálculo de presupuesto de muro voladizo ASD .....	87
Tabla 95 Cálculo de metrado de concreto armado de muro voladizo LRFD .....	88
Tabla 96 Cálculo de metrado de acero de muro voladizo LRFD .....	88
Tabla 97 Cálculo del costo de concreto de muro voladizo LRFD .....	89
Tabla 98 Cálculo de acero de refuerzo en muro voladizo LRFD .....	90
Tabla 99 Cálculo de presupuesto de muro voladizo LRFD .....	90
Tabla 100 Cálculo de metrado de concreto armado de muro voladizo LRFD Optimizado .....	91
Tabla 101 Cálculo de metrado de acero de muro voladizo LRFD Optimizado .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Factor de seguridad Método ASD</b> .....	13
<b>Figura 2. Factor de seguridad y resistencia método LRFD</b> .....	15
<b>Figura 3. Variación de carga y resistencia</b> .....	16
<b>Figura 4: Comparación Momentos Último</b> .....	23
<b>Figura 5: Comparación Acero Requerido</b> .....	25
<b>Figura 6: Comparación Costos</b> .....	27
<b>Figura 7: Predimensionamiento muro en voladizo ASD</b> .....	35
<b>Figura 8: Presiones en la punta del muro voladizo ASD</b> .....	43
<b>Figura 9: Predimensionamiento muro en voladizo LRFD</b> .....	48
<b>Figura 10: Presiones en la punta del muro voladizo LRFD</b> .....	63
<b>Figura 11: Predimensionamiento muro en voladizo LRFD Optimizado</b> .....	66
<b>Figura 12: Presiones en la punta del muro voladizo LRFD Optimizado</b> .....	81

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Factor de diseño de esfuerzo admisible .....	13
Ecuación 2 Factor de diseño de carga y resistencia .....	14
Ecuación 3 Coeficiente presión activa Coulomb .....	36
Ecuación 4 Excentricidad .....	37
Ecuación 5 Factor de seguridad volteo.....	37
Ecuación 6 Factor de seguridad deslizamiento .....	37
Ecuación 7 Presiones en el suelo .....	37
Ecuación 8 Coeficiente presión activa Coulomb .....	50
Ecuación 9 Excentricidad .....	54
Ecuación 10 Esfuerzo admisible zapata LRFD.....	54
Ecuación 11 Coeficiente presión activa Coulomb .....	69
Ecuación 12 Esfuerzo admisible zapata LRFD.....	72
Ecuación 13 Capacidad portante Meyerhoff .....	73

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar el desempeño estructural y de costos de muros de contención en voladizo utilizando los métodos ASD y LRFD; para ello se realizó una revisión exhaustiva del diseño de muros de contención en voladizo por cada uno de los métodos con lo establece las normas internacionales, siendo el método ASD el que tiene más tiempo que verifica los esfuerzos admisibles mientras que el método LRFD tiene un estudio más actualizado teniendo consideraciones sobre las cargas, y factores de resistencia. Los resultados de la investigación mostraron que el método ASD tiende a requerir más refuerzo de acero debido a los factores que utiliza, sin posibilidad de ajustar más cualquier medida debido a que está por encima de los esfuerzos admisibles establecidos, mientras que con el método LRFD se puede ajustar aún más debido a que permite estar dentro de los límites permitidos, finalmente se concluyó que el método ASD es más conservador que el método LRFD lo cual influye directamente en el costo de construcción del muro siendo el método ASD más costoso que el método LRFD, demostrando así la hipótesis planteada para esta investigación.

**Palabras clave:** Muro de contención en voladizo, respuesta estructural, ASD, LRFD.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se busca realizar una comparación de la aplicación del método Diseño por Esfuerzos Admisibles o ASD (por sus siglas en inglés Allowable Stress Design) y el método Diseño por Factores de Carga y Resistencia o LRFD (en inglés: Load and Resistance Factor Design). Al respecto se ha encontrado las siguientes investigaciones que seran antecedentes clave para poder plantear nuestro problema e hipótesis.

Es necesario dar el contexto por el cual esta investigación es de relevancia, los muros de contención son estructuras que ayudan a la seguridad frente a deslizamientos de tierra y evitar catastrofes como se menciona en la Organización Mundial de la Salud, (2019); los corrimientos de tierras causan una gran mortalidad.

Los corrimientos catastróficos de escombros y las avalanchas de barro han causado la muerte de miles de personas, sepultando las viviendas construidas en pendientes y pueblos enteros, y arrastrando a vehículos de la carretera a precipicios. Para que puedan sobrevivir, las personas atrapadas en edificios derrumbados deben ser rescatadas en las 24 a 48 siguientes al desastre. Esto tiene repercusiones evidentes en el tipo de ayuda necesaria. Los hospitales de campaña y los equipos de rescate suelen llegar demasiado tarde para tener un impacto en el número de vidas salvadas.

Además El Perú está ubicado en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo en el llamado círculo de fuego del océano Pacífico que concentra el 85% de la actividad sísmica mundial, además está afectado por el fenómeno del niño que en su última aparición generó efectos catastróficos en los muros de contención en diez provincias de la región Cajamarca durante los meses de enero a diciembre de 1998 como lo menciona el ingeniero Mosqueira, (2000).

Los antecedentes que serán guía y a su vez discusión para la presente tesis son tres: según Hernández (2018) en su investigación denominada: “Aplicabilidad del Método LRFD en el Dimensionamiento de Muros en Voladizo”, tuvo como finalidad de realizar una revisión de los procedimientos indicados para el diseño de muros en voladizo por el método LRFD con el fin de verificar la aplicabilidad en la práctica local de la ingeniería geotécnica. Donde explica que a partir del año 2014 se implementó el Código Colombiano de Puentes CCP-14, el cual basa sus diseños en el método LRFD, método que no es muy conocido en el país en cuanto a la aplicación en geotecnia; razón por la cual se generó la inquietud con respecto a si los diseños que se están realizando a partir de su implementación están siendo o no adecuados para las condiciones locales concluyendo la aplicabilidad de la utilización del método LRFD.

A su vez, como menciona Manzaneda (2018) en su investigación con título “Análisis de un muro de contención sometido a la acción de cargas horizontales mediante el método de elementos finitos” se analizó un muro de contención de tipo voladizo que es el tipo de muro más común por su proceso constructivo y costo, se tomó como un caso de deformación plana debido a la geometría de esta estructura, el cual tiene sus respectivas características como altura de la pantalla, espesor de la pantalla, etc.; donde mediante el análisis bidimensional triangular de tres nodos hizo apreciaciones precisas siendo el método de elementos finitos una fijación a nuevos métodos empleables.

Finalmente, el ingeniero Avelino (2016) en su investigación denominada “Análisis y diseño estructural de un muro de contención de hormigón armado en cerramiento perimetral, lado oeste del hospital de Monte Sinaí” comprende el análisis y diseño estructural de un muro de hormigón armado, el mismo que por las solicitudes y demandas del proyecto fue analizado cada uno de sus componentes y datos de cargas, donde predomina el uso de normas

que rijan ese tipo de estructuras, donde evaluó cada factor de mayoración y reducción entablado la importancia de los mismos. Una vez conocidos los datos requeridos, se llevó a cabo el pre dimensionamiento de las partes que comprende nuestro muro de hormigón armado, regidos por las normas vigentes en la actualidad.

Es a partir de esto que nos planteamos el problema de investigación: ¿Cómo varía el desempeño estructural y los costos de construcción de muros de contención en voladizo utilizando los métodos ASD y LRFD?,

En relación al problema se ha planteado la siguiente hipótesis el desempeño estructural con el método ASD es más conservador que el método LRFD y los costos son mayores. De acuerdo al problema planteado, esta tesis tiene como objetivo general analizar el desempeño estructural y de costos de muros de contención en voladizo utilizando los métodos ASD y LRFD; para lograr este objetivo, se desagrega en 3 objetivos específicos, estos son: a) Diseñar el muro de contención en voladizo utilizando los métodos ASD y LRFD, b) Determinar las características estructurales y los costos de los muros de contención en voladizo para las dimensiones establecidas y c) Comparar las características estructurales y los costos de construcción de los muros de contención en voladizo para las dimensiones establecidas.

Para entender un poco más respecto a los métodos que están siendo estudiados en la presente tesis, a continuación, presentare el marco teórico por cada uno de los métodos, además también es necesario conocer acerca de la estructura donde se aplicaran los métodos, esta es un muro de contención en voladizo.

El **método ASD**, este método también conocido como diseño de esfuerzo admisible, menciona que toda incertidumbre en la variación de las cargas aplicadas transferidas a los cimientos y la capacidad geotécnica final del suelo y la roca para soportar las cargas se

incorporan en un factor de seguridad, FS como se menciona en National Highway Institute, (2001).

El factor de seguridad es una medida empírica, utilizada para reducir el potencial de rendimiento adverso (p. Ej., Falla por deslizamiento de una zapata y falla del rodamiento del pilote impulsado).

### Ecuación 1 Factor de diseño de esfuerzo admisible

$$\frac{R_n}{FS} \geq \Sigma Q$$

Donde:

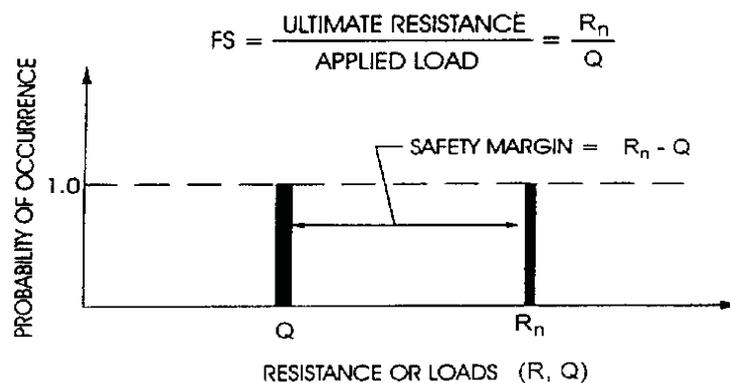
$R_n$  = Resistencia Nominal (máxima)

$FS$  = Factor de Seguridad

$\Sigma Q$  = Sumatoria de efectos de fuerza.

**Figura 1:**

Factor de seguridad Método ASD



Nota. Tomado de (National Highway Institute, 2001)

La figura 1 ilustra una de las principales limitaciones del ASD, en donde el valor de Q y  $R_n$  son asumidos como únicos teniendo una probabilidad de ocurrencia de la unidad. Además, la selección del FS es subjetivo, depende de los modelos de diseño utilizados y de los

parámetros de material elegidos, y no está inherentemente relacionados con la probabilidad de falla del componente como se menciona en National Highway Institute, (2001). Para ingeniería geotécnica, un enfoque de diseño racional debe considerar las incertidumbres asociadas con:

- ✓ Variabilidad de las propiedades de ingeniería con extensión aérea y vertical, y con el tiempo.
- ✓ Fiabilidad y aplicabilidad de las mediciones de propiedades.
- ✓ Suficiencia y aplicabilidad de métodos de muestreo y prueba.
- ✓ Errores en los modelos de predicción utilizados.
- ✓ Variabilidad en las estimaciones de predicción de carga.

Por otro lado, tenemos al **método LRFD**, este método representa un enfoque más racional mediante el cual las incertidumbres más significativas (ejemplo, resistencia de carga y material) pueden ser incorporadas cuantitativamente dentro del proceso del diseño. Como se usa en la especificación American Association of State Highway and Transportation Officials, (1997), la ecuación o relación básica LRFD se define como:

### **Ecuación 2 Factor de diseño de carga y resistencia**

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n$$

Donde:

$\gamma_i$  = Factor de carga basado en estadísticas generalmente mayor que uno.

$Q_i$  = Carga

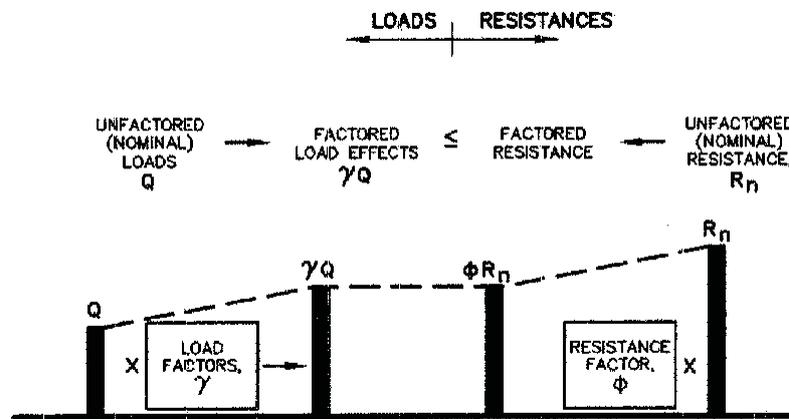
$R_n$  = Resistencia nominal (máxima)

$\phi$  = Factor de resistencia basado en estadísticas generalmente menor que uno.

La aplicación de la ecuación 2 es ilustrada en la Figura 2.

**Figura 2.**

Factor de seguridad y resistencia Método LRFD



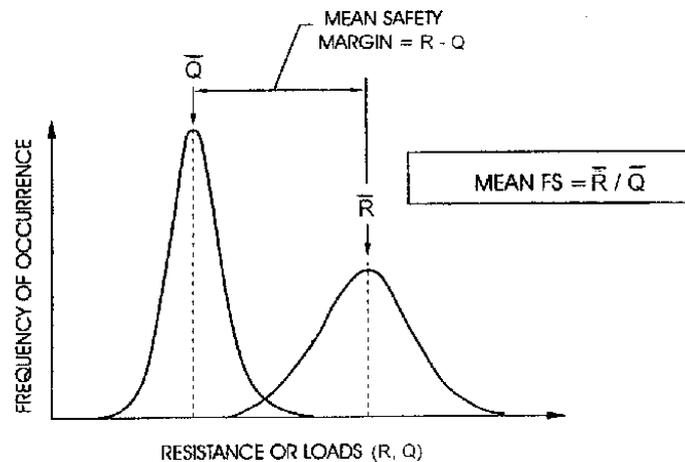
Nota. Tomado de (National Highway Institute, 2001)

Al aplicar LRFD, las magnitudes estimadas de los diversos tipos de efectos de carga se multiplican por factores de carga apropiados para determinar los efectos de carga factorizados, y la resistencia nominal (última); National Highway Institute, (2001).

La Figura 3 muestra la posible variación de cargas y resistencia en función de la frecuencia o probabilidad de ocurrencia. Si los valores máximos de carga,  $Q$ , y resistencia,  $R$ , están definidos por sus respectivos valores medios,  $\bar{Q}$  y  $\bar{R}$ , el factor de seguridad ASD equivalente es la relación de  $\bar{R}$  a  $\bar{Q}$  como se muestra en la figura 3.

**Figura 3.**

Variación de carga y resistencia



Nota. Tomado de (National Highway Institute, 2001)

Finalmente, es necesario hablar sobre el **muro de voladizo**, para la presente investigación se tomó base muros de contención en voladizo con un peralte de 6 metros de altura para esto se ha utilizado el pre dimensionamiento proporcionado por el ingeniero Harmsen, (2002) el cual menciona que los muros de sostenimiento son estructuras que sirven para contener terreno u otro material en desnivel. Son usados para estabilizar el material confinado evitando que desarrollen su ángulo de reposo natural. Se les utiliza en cambios abruptos de pendiente, cortes y rellenos en carreteras y ferrocarriles, muros de sótano, alcantarillas, estribos de puentes, etc.; y los muros en voladizo son siempre de concreto armado pues los esfuerzos a los cuales están sometidos no pueden ser resistidos por el concreto simple; además Calavera Ruíz, (1989) menciona que el muro trabaja esencialmente a flexión y la compresión vertical debida a su peso propio es generalmente despreciable. Sin embargo, en ocasiones el muro desempeña una segunda misión que es la de transmitir cargas verticales al terreno, en una función de cimiento. y de esta manera con las mismas dimensiones se realizó la comparación de los métodos ASD y LRFD respectivamente.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

Como se mencionó en el capítulo anterior, el problema planteado para esta investigación es ¿Cómo varía el desempeño estructural y los costos de construcción de muros de contención en voladizo utilizando los métodos ASD y LRFD?, con el objetivo principal de analizar el desempeño estructural y de costos de muros de contención en voladizo utilizando los métodos ASD y LRFD; así mismo, la hipótesis formulada viene a ser que el desempeño estructural con el método ASD es más conservador que el método LRFD y los costos son mayores.

En este sentido, el enfoque considerado para la presente investigación es el cuantitativo, el cual, según Borja, (2012); plantea una forma confiable de investigación a través de la recolección de datos confiando en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento.

Así mismo, la presente tesis será de tipo científica aplicada pues con la presente investigación se busca conocer y dar una aplicación inmediata al problema planteado, además de ser una investigación que requiere un bajo costo. Además, se enmarca dentro del tipo correlacional puesto que, según Hernández et al, (2014), nos menciona que una investigación correlacional se da con el propósito de medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos.

Esta tesis es de diseño no experimental, puesto que según Kerlinger (1981), señala que en la investigación no experimental resulta imposible manipular variables, en tanto en esta investigación solamente se observará fenómenos tal como se dan en su contexto natural para posteriormente ser analizados(Como se cita en Hernández et al, 2014).

Así mismo esta investigación presenta un corte transversal debido a que se relaciona en base a datos en un solo momento, en un único tiempo. Además, tiene como propósito describir variables y analizar su incidencia. (Hernández et al, 2014, p 125).

Respecto a la población y muestra, tanto la población (N) como la muestra (n) vienen a ser el muro de contención de voladizo, por criterios del investigador se está analizando un metro del muro de contención, ya que el cálculo se replicará por metro en la longitud que se quiera realizar.

Finalmente, para las técnicas e instrumentos de recolección de datos, como técnicas se utilizó la observación y revisión documental mientras que sus instrumentos fueron: formatos de investigación. Para las técnicas de análisis de datos se utilizaron como tal las metodologías LRFD y ASD, del mismo modo la técnica de cuadro de análisis estadístico como análisis de frecuencias, gráficos estadísticos, entre otros y el instrumento a utilizar en ambos métodos y técnica fue el software Ms Excel.

A continuación, se presenta el procedimiento realizado para el cálculo de la construcción de muros de contención en voladizo por cada método ya especificado con los datos de la tesis del ingeniero Salazar (2014), anexo 01; dentro de este anexo se consideran datos para el diseño de muros de contención habiéndose utilizado una ficha de registro donde se extrajo información de la tesis del ingeniero antes mencionado.

Para el método ASD inicialmente se comenzó con los datos obtenidos en el anexo 1, además de datos para el diseño de los muros como el peso unitario de suelo de relleno, resistencia a la compresión del concreto, peso unitario concreto, fluencia de acero, sobrecarga, recubrimientos; luego se realizó el dimensionamiento preliminar del muro realizando el cálculo de los pesos y momentos generados por las cargas verticales y horizontales utilizando para el coeficiente de presión activa de Coulomb, con los datos obtenidos se realiza la verificación geotécnica donde se verifica estar dentro de los límites para el método ASD en los parámetros de excentricidad, volteo y deslizamiento obtenidos de la tabla de Factores de seguridad en la capacidad geotécnica máxima de zapatas extendidas para falla por deslizamiento de National Highway Institute, (2001), además de verificar que las presiones

del suelo no superen la capacidad admisible del mismo; habiendo cumplido la geometría con la verificación geotécnica se realizó el cálculo estructural de momentos últimos y cortantes últimos para el diseño de acero requerido para el muro de contención con el método ASD, realizando los planos respectivos y finalizando con el cálculo de los costos de construcción como se puede observar en el anexo 2 y 3.

Para el método LRFD inicialmente se comenzó con los datos obtenidos en el anexo 1, además de datos para el diseño de los muros como el peso unitario de suelo de relleno, resistencia a la compresión del concreto, peso unitario concreto, fluencia de acero, sobrecarga, recubrimientos; luego se realizó el dimensionamiento preliminar del muro realizando el cálculo de los pesos y momentos generados por las cargas verticales y horizontales utilizando para el coeficiente de presión activa de Coulomb, siendo particular de este método la subdivisión de las cargas verticales en Carga muerta de componentes estructurales y accesorios no estructurales (DC), presión de tierra vertical (PV), recargo por carga viva (LS) realizando una altura equivalente del suelo para la carga del vehículo de diseño con una interpolación dependiendo de la altura de la pared del muro, un porcentaje de la presión lateral de tierra sobre el talón (EH), mientras que las cargas horizontales se subdividieron en carga horizontal por recargo por carga viva (LS), presión lateral de tierra (EH).

Se evalúan los estados límites aplicables al muro de contención:

- Fuerza I - Combinación de carga básica relacionada con el uso vehicular normal del puente sin viento. (Aplicable como caso de carga estándar).
- Fuerza II - Combinación de carga relacionada con el uso del puente por vehículos de diseño especial especificados por el propietario y / o vehículos con permiso de evaluación, sin viento. (No aplica porque no se especifica la carga de vehículos especiales).

- Fuerza III - Combinación de carga relacionada con el puente expuesto a una velocidad del viento superior a 90 km / h sin cargas vivas. (No aplicable porque la pared no está sujeta a otra carga de viento que no sea la estándar).
- Resistencia IV - Combinación de carga relacionada con relaciones de efecto de fuerza de carga muerta a carga viva muy altas que exceden aproximadamente 7,0 (por ejemplo, para luces mayores de 75 m). (Aplicable porque predominan las cargas muertas).
- Fuerza V - Combinación de carga relacionada con el uso vehicular normal del puente con una velocidad del viento de 90 km / h (no aplicable porque la carga del viento no es una consideración de diseño).
- Evento extremo I: combinación de carga, incluido el terremoto. (No aplicable porque el problema no incluye la carga sísmica).
- Evento extremo II: combinación de carga relacionada con la carga de hielo o colisión de embarcaciones y vehículos. (No se aplica porque el problema no incluye hielo o carga por colisión).
- Servicio I - Combinación de carga relacionada con el uso operativo normal del puente con viento de 90 km / h. (Aplicable para carga de diseño).
- Servicio II - Combinación de carga destinada a controlar la deformación de las estructuras de acero y el deslizamiento de las conexiones críticas debido a la carga viva del vehículo. (No aplica debido al tipo de estructura).
- Servicio III - Combinación de cargas relativa únicamente a la tracción en estructuras de hormigón pretensado con el objetivo de control de fisuras. (No aplica debido al tipo de estructura).
- Fatiga: combinación de fatiga y carga de fractura relacionada con la carga viva vehicular gravitacional repetitiva y las respuestas dinámicas bajo un solo camión de diseño. (No aplica por tipo de estructura).

Posteriormente se realizó el diseño del muro de contención utilizando interviniertes en el diseño muros de contención por el método LRFD utilizando los factores de Fuerza I-a, Fuerza I-b, Fuerza IV y Servicio I; con todas las fuerzas y momentos factorizados se realizó la verificación geotécnica con el método de diseño LRFD, respetando los límites de excentricidad, para la verificación de volteo primero se calculó la presión en la zapata y luego la idoneidad de la resistencia de la zapata con método de Meyerhof modificándolo por un factor para obtener la capacidad admisible del suelo, se realizó la verificación de deslizamiento como lo establece el método antes mencionado, se verificó que las presiones en el suelo no excedan la capacidad admisible del mismo; habiendo cumplido la geometría con la verificación geotécnica se realizó el cálculo estructural de momentos últimos y cortantes últimos para el diseño de acero requerido para el muro de contención con el método ASD, realizando los planos respectivos y finalizando con el cálculo de los costos de construcción como se puede observar en el anexo 2 y 3.

Después de haberse analizado el método LRFD se logró ajustar una medida en la zapata de donde se realiza un nuevo cálculo al cual se le denominó LRFD OPTIMIZADO, siendo el mismo diseño del método LRFD solamente que con las ventajas que proporciona el método se realizó un recálculo con la nueva medida siendo aceptado dentro de los límites establecidos para el diseño.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### Respecto a la Geotécnica

**Tabla 1**

*Comparación geotécnica de muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado*

Límite de rendimiento	ASD		LRFD		LRFD OPTIMIZADO	
	Límite	Calculado	Límite	Calculado	Límite	Calculado
<b>Excentricidad</b>	0,62	0,36	0,925	0,28	0,9125	0,30
<b>Volteo</b>	3	3,03	23846,69 kg	18262,41 kg	23871,19 kg	18346,82 kg
<b>Deslizamiento</b>	1,50	1,83	24803,38 kg	17157,16 kg	24453,73 kg	17157,16 kg

La tabla 1 representa los resultados de los límites geotécnicos límites y calculados, en donde se ha tratado de obtener números cercanos al límite para tener una comparación adecuada, los primeros muros analizados tienen las mismas dimensiones y cumplen tanto para el método ASD y LRFD; mientras que para el muro LRFD OPTIMIZADO se pudo ajustar más las dimensiones sin sobrepasar ningún límite ya descrito.

#### Respecto a la Estructura

**Tabla 2**

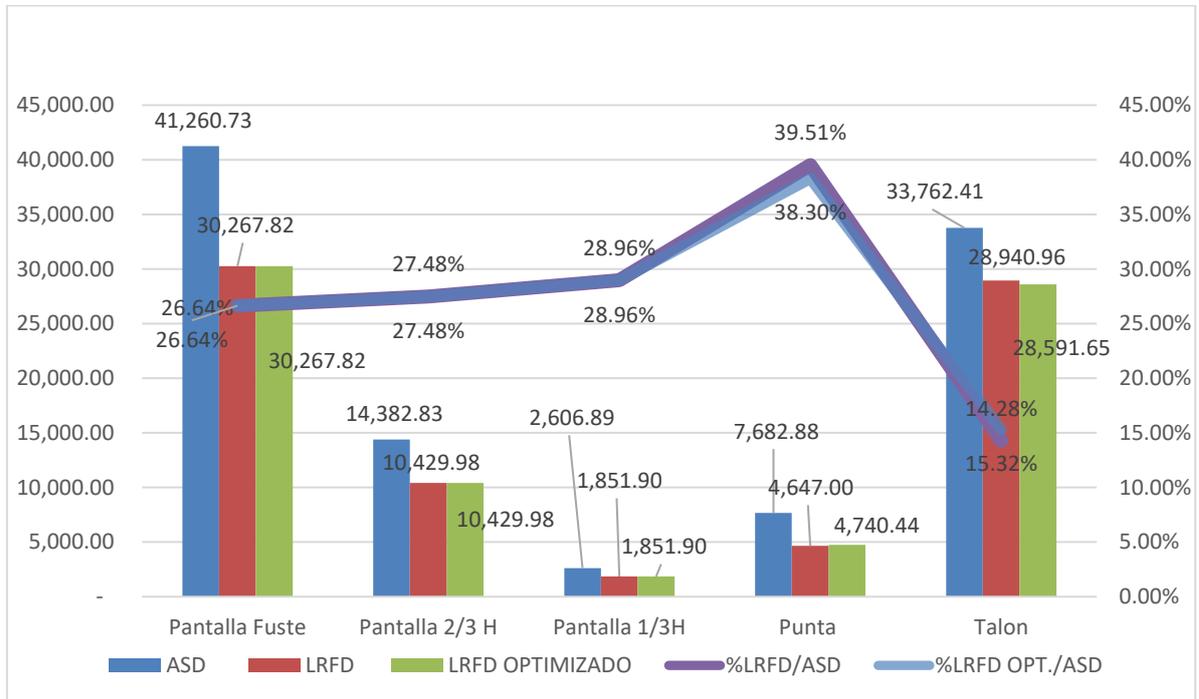
*Comparación de momentos últimos de muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado*

MOMENTO ULTIMO	ASD		LRFD		LRFD OPTIMIZADO	
<b>Pantalla Fuste</b>	41.260,73	kg-m	30.267,82	kg-m	30.267,82	kg-m
<b>Pantalla 2/3 H</b>	14.382,83	kg-m	10.429,98	kg-m	10.429,98	kg-m
<b>Pantalla 1/3H</b>	2.606,89	kg-m	1.851,90	kg-m	1.851,90	kg-m
<b>Punta</b>	7.682,88	kg-m	4.647,00	kg-m	4.740,44	kg-m
<b>Talón</b>	33.762,41	kg-m	28.940,96	kg-m	28.591,65	kg-m

La tabla 2 muestra el resultado del cálculo de los momentos generados en los muros en voladizo analizados, donde se aprecia una reducción de momentos con el método LRFD frente al método ASD; principalmente debiéndose a los coeficientes utilizados.

**Figura 4:**

Comparación Momentos Últimos



La figura 10 muestra gráficamente los momentos calculados para los muros de contención en voladizo, con sus respectivas variaciones inicialmente se comparan muros con las mismas dimensiones donde en el fuste de la pantalla hay una variación de 26.64% del método LRFD sobre el método ASD, a 2/3 de la altura de la pantalla del muro hay una variación de 27.48% del método LRFD sobre el método ASD, a 1/3 de la altura de la pantalla del muro hay una variación de 28.96% del método LRFD sobre el método ASD, en la punta del muro hay una variación de 39.51% del método LRFD sobre el método ASD, en el talón del muro hay una variación de 14.28% del método LRFD sobre el método ASD; además se comparó el muro con el método ASD con un muro con dimensiones más ajustadas al que denominaremos método LRFD OPTIMIZADO dando como resultado lo siguiente, el fuste de la pantalla hay una variación de 26.64% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, a 2/3 de la altura de la pantalla del muro hay una variación de 27.48% del método LRFD

OPTIMIZADO sobre el método ASD, a 1/3 de la altura de la pantalla del muro hay una variación de 28.96% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, en la punta del muro hay una variación de 38.30% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, en el talón del muro hay una variación de 15.32% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD.

**Tabla 3**

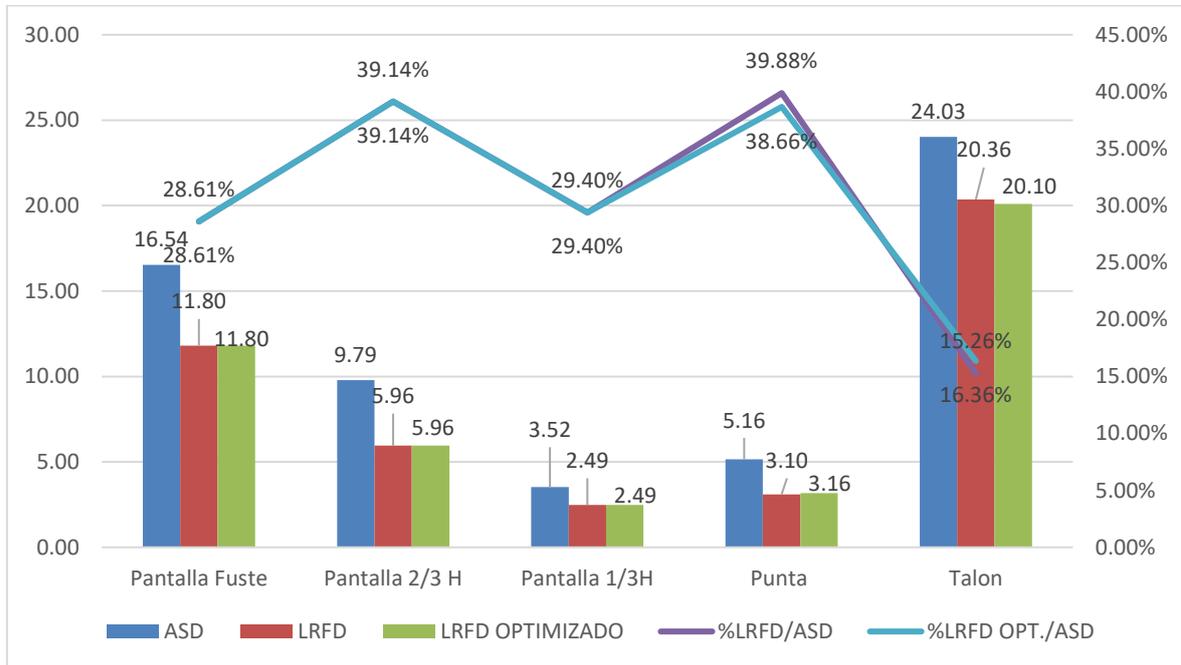
*Comparación de acero requerido en muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado*

<b>ACERO REQUERIDO</b>	<b>ASD</b>		<b>LRFD</b>		<b>LRFD OPTIMIZADO</b>	
<b>Pantalla Fuste</b>	16,54	cm2	11,80	cm2	11,80	cm2
<b>Pantalla 2/3 H</b>	9,79	cm2	5,96	cm2	5,96	cm2
<b>Pantalla 1/3H</b>	3,52	cm2	2,49	cm2	2,49	cm2
<b>Punta</b>	5,16	cm2	3,10	cm2	3,16	cm2
<b>Talón</b>	24,03	cm2	20,36	cm2	20,10	cm2

La tabla 3 muestra los resultados de cálculo de acero para los muros en voladizo notándose una disminución del requerimiento de acero en el método LRFD sobre el método ASD.

**Figura 5:**

Comparación Acero Requerido



La figura 11 muestra gráficamente el requerimiento de acero calculado para los muros de contención en voladizo, con sus respectivas variaciones inicialmente se comparan muros con las mismas dimensiones donde en el fuste de la pantalla hay una variación de 28.61% del método LRFD sobre el método ASD, a 2/3 de la altura de la pantalla del muro hay una variación de 39.14% del método LRFD sobre el método ASD, a 1/3 de la altura de la pantalla del muro hay una variación de 29.40% del método LRFD sobre el método ASD, en la punta del muro hay una variación de 39.88% del método LRFD sobre el método ASD, en el talón del muro hay una variación de 15.26% del método LRFD sobre el método ASD; además se comparó el muro con el método ASD con un muro con dimensiones más ajustadas al que denominaremos método LRFD OPTIMIZADO dando como resultado lo siguiente, el fuste de la pantalla hay una variación de 28.61% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, a 2/3 de la altura de la pantalla del muro hay una variación de 39.14% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, a 1/3 de la altura de la pantalla del

muro hay una variación de 29.40% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, en la punta del muro hay una variación de 38.66% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, en el talón del muro hay una variación de 16.36 % del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD.

### Respecto a los Costos

**Tabla 4**

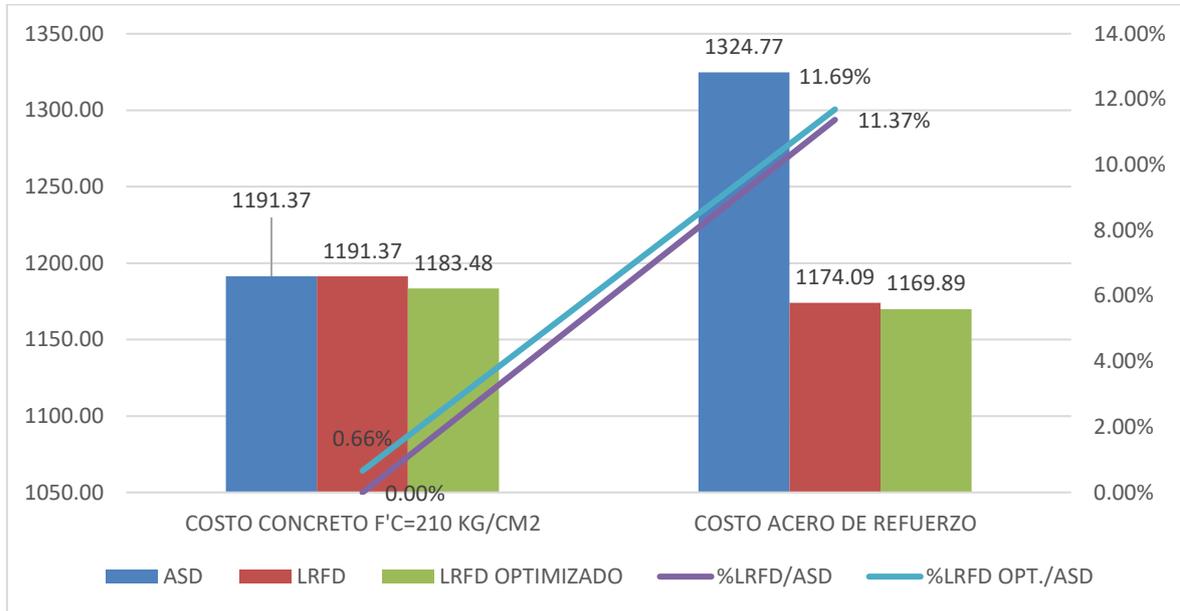
*Comparación de costos de muros de voladizo en ASD, LRFD y LRFD Optimizado*

<b>PRESUPUESTO</b>	<b>ASD</b>	<b>LRFD</b>	<b>LRFD OPTIMIZADO</b>
<b>COSTO CONCRETO F'C=210 KG/CM2</b>	S/. 1191,37	S/. 1191,37	S/. 1183,48
<b>COSTO ACERO DE REFUERZO</b>	S/. 1324,77	S/. 1174,09	S/. 1169,89

La tabla 4 muestra la comparación de costos de los muros en voladizo en la cual inicialmente podemos observar que el costo de concreto el muro inicial es igual debido a que la geometría es la misma mientras que hay una marcada diferencia en el costo de acero de refuerzo debido a que ambos son calculados con diferentes coeficientes; mientras que con el método LRFD OPTIMIZADO en el cual se ha tratado de ajustar más la geometría dentro de los límites hay una diferencia de costos en concreto y acero de refuerzo.

**Figura 6:**

Comparación Costos



La figura 12 muestra gráficamente los costos de construcción para los muros de contención en voladizo, con sus respectivas variaciones inicialmente se comparan muros con las mismas dimensiones donde en el costo de concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  hay una variación de 0.00% del método LRFD sobre el método ASD, mientras que en el costo de requerimiento de acero hay una variación de 11.37% del método LRFD sobre el método ASD; además se comparó el muro con el método ASD con un muro con dimensiones más ajustadas al que denominaremos método LRFD OPTIMIZADO dando como resultado lo siguiente, en el costo de concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  hay una variación de 0.66% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD, mientras que en el costo de requerimiento de acero hay una variación de 11.69% del método LRFD OPTIMIZADO sobre el método ASD.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

Actualmente el diseño de muros de contención se ha ido manteniendo bajo una metodología de hace 100 años que se basa sobre datos empíricos, actualmente contamos con mayor investigación en la rama geotécnica la cual nos permite tener una mayor certeza del comportamiento de las estructuras con contacto al suelo; en la presente investigación se demuestra la variación tanto en diseño como en los costos de construcción de muros contención en voladizo con el método ASD y LRFD, la cual muestra una marcada diferencia entre ambos métodos desde el diseño hasta los costos de construcción.

Es importante indicar que inicialmente se diseñó un muro de contención con el método ASD ajustando los requerimientos geotécnicos más óptimos para luego hacer una comparación del mismo muro con el método LRFD, dado que el método ASD no permitía hacer más modificaciones respecto a la geometría, pero el método LRFD si lo permitía se procedió a ajustar la geometría lo mejor posible para tener los beneficios de la utilización del método LRFD.

Como menciona Hernández (2018) en su investigación denominada: “Aplicabilidad del Método LRFD en el Dimensionamiento de Muros en Voladizo”, el método LRFD es un método no tan difundido, que como resultado de su investigación define que es un método de diseño que según lo estudiado en su proyecto se puede decir que es aplicable, siendo un resultado satisfactorio para la utilización del método LRFD tal y como se demuestra en la presente investigación en la Tabla 1 en donde se realiza una comparación geotécnica de en la cual se resalta la utilización de cada método y sus características más resaltantes que son aplicables a los proyectos.

El ingeniero Manzaneda (2018) en su investigación con título “Análisis de un muro de contención sometido a la acción de cargas horizontales mediante el método de elementos

finitos” utilizando elementos bidimensionales triangulares de tres nodos fue bastante preciso a que discretizó la estructura en un número adecuado de elementos finitos que permitió conocer los esfuerzos los cuales se anexaran para cada elemento, lo cual refleja el uso de métodos actuales para el diseño de los muros de contención en voladizo es adecuado como se muestra en la presente investigación en la Tabla 2 y 3 con la comparación del método ASD y LRFD en el momento ultimo y requerimiento de acero respectivamente donde sobresale las bondades de utilizar un método más actual desde la parte geotécnica.

El ingeniero Avelino (2016) que en su investigación denominada “Análisis y diseño estructural de un muro de contención de hormigón armado en cerramiento perimetral, lado oeste del hospital de Monte Sinaí” tiene como resultado que la importancia de la aplicación de las normas que rigen para este tipo de estructuras, mediante la evaluación de cada de las cargas con sus respectivos factores de mayoración ,reducción e importancia lo que ayuda a poder diseñar una estructura optima, tanto por secciones y económica para su construcción lo cual se refleja en la presente investigación en la Tabla 4 donde se realizo la comparacion de costos mostrando los beneficios de la utilización del método LRFD.

Las limitaciones de esta investigación fueron: i) no se pudo obtener datos de campo, pero se han tomado datos de otra investigación, donde los resultados se rigen a esos datos; ii) además de considerar para los costos el análisis de concreto y acero de refuerzo siendo los mismos los que tienen mayor implicancia con la utilización de ambos métodos, siendo los rendimientos aproximados a la región de Cajamarca y teniendo en cuenta precios referenciales; iii) se realizó el dibujo de los planos de manera académica considerando solamente el acero requerido en el diseño; iv) no se consideró el efecto sísmico debido a que puede reducir la cantidad de acero requerido en el fuste.

La presente investigación tiene una implicancia directa con el conocimiento actual sobre el diseño de los muros de contención en voladizo y cómo influye respecto al desempeño

estructural y de costos de construcción de los mismos, ofreciendo un mejor aporte a los ingenieros para la realización de sus proyectos.

## **Conclusiones**

La hipótesis de esta investigación plantea que el desempeño estructural con el método ASD es más conservador que el método LRFD comprobándose que con el primer método los momentos últimos y esfuerzos son mayores lo que se traduce un mayor área de refuerzo lo que aumenta los costos de construcción del mismo, siendo la hipótesis corroborada.

El objetivo principal de esta investigación fue analizar el desempeño estructural y de costos de muros contención en voladizo con el método ASD y LRFD, realizando un diseño de muros con ambos métodos, analizando los momentos y cortantes actuantes además de calcular un costo tentativo de construcción. Para la realización de los métodos, se dimensionaron muros lo más ajustado posible a los límites establecidos para cada método respectivamente, para poder evaluar los beneficios de la utilización de cada método, Donde se observó que al utilizar el método LRFD se pudo ajustar una medida la cual influencio en el desempeño estructural y los costos de la misma

El diseño de los muros de contención inicialmente se ajustó a los límites del método ASD por ser el método más usado y con mayor antigüedad, partiendo de ello se realizaron comparaciones iniciales con el método LRFD en donde se pudo notar que se podía ajustar las dimensiones del diseño inicial cumpliendo con todos los límites establecidos en el método LRFD

Para las características estructurales se utilizó para cada método coeficientes distintos de diseño dado que el método LRFD propone coeficientes que están relacionados con la carga,

resistencia y la utilización de un factor de diseño estipulados en la norma AASHTO; mientras que para los costos se utilizaron valores referenciales debido a que los precios de mercado no son estáticos, donde se realizó el costo unitario para las partidas establecidas para los muros de contención.

Respecto a la comparación estructural de los muros de contención en voladizo diseñados con el método ASD y LRFD se nota una clara diferencia en cuanto a la utilización de coeficientes en el momento último y los cortantes debido a que cada método tiene una diferente utilización de coeficientes y como resultado el método LRFD tiene menores esfuerzos frente al método ASD respectivamente; lo cual influye directamente en los costos de construcción debido que al tener menores esfuerzos se va a requerir menor cantidad de acero además de que el método LRFD puede ajustar un poco más sus dimensiones y cumplir con los límites también influye en el costo siendo el ahorro más significativo por metro lineal de S/ 162.77

## REFERENCIAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1997). *ESPECIFICACIONES AASHTO PARA EL DISEÑO DE PUENTES POR EL MÉTODO LRFD*. United States.
- Avelino Zambrano, R. A. (2016). *Análisis y diseño estructural de un muro de contención de hormigón armado en cerramiento perimetral, lado oeste del Hospital Monte Sinaí*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Borja S., M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Calavera Ruíz, J. (1989). *Muros de contención y muros de sótano*. Madrid: INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN.
- Harmsen, T. (2002). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO*. Lima: FONDO EDITORIAL.
- Hernández Oquendo, T. P. (2018). *Aplicabilidad del método LRFD en el dimensionamiento de muros*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores.
- Manzaneda Peña, M. A. (2018). *ANÁLISIS DE UN MURO DE CONTENCIÓN SOMETIDO A LA ACCIÓN DE CARGAS HORIZONTALES MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS*. PUNO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
- Mosqueira Ramírez, H. R. (2000). Evaluación e Impacto del Fenómeno del Niño: "Región Cajamarca".
- National Highway Institute. (2001). *Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Highway Bridge Substructures*. Estados Unidos: U.S. Department of Transportation.
- Organización Mundial de la Salud. (19 de Septiembre de 2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/hac/techguidance/ems/landslides/es/>
- Salazar Huaman, E. G. (2014). *Evaluación de las fallas estructurales del puente Mashcon*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

## ANEXOS

### ANEXO N° 1. FORMATO EXTRACCIÓN DE DATOS.

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA EL NORTE</b>		
	FORMATO EXTRACCIÓN DE DATOS		
<b>TESIS:</b>	“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO UTILIZANDO LOS MÉTODOS ASD y LRFD”		
<b>TESISTA:</b>	Luis Eduardo Cabanillas Hualpa	<b>ASESOR</b>	Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

I. DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACION			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS FALLAS ESTRUCTURALES DEL PUENTE MASHCÓN		
INGENIERO:	ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMAN		
TIPO:	TESIS	AÑO:	2014

II. DATOS NECESARIOS PARA CÁLCULO			
	Símbolo	Valor	Unidades
Ángulo de fricción interna	$\phi$	30	°
Ángulo interfase trasdos	$\delta$	20	°
Fricción base	f	0.6	adm
Capacidad portante del terreno	$\sigma$	1.97	kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES			
Para efectos de facilitar el cálculo se considera redondear el esfuerzo admisible a 2 kg/cm <sup>2</sup>			

## ANEXO N° 2. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DEL CALCULO POR CADA MÉTODO: ASD Y LRFD, PARA MURO DE COTENCION DE VOLADIZO

### MÉTODO ASD

#### Datos

**Tabla 5**

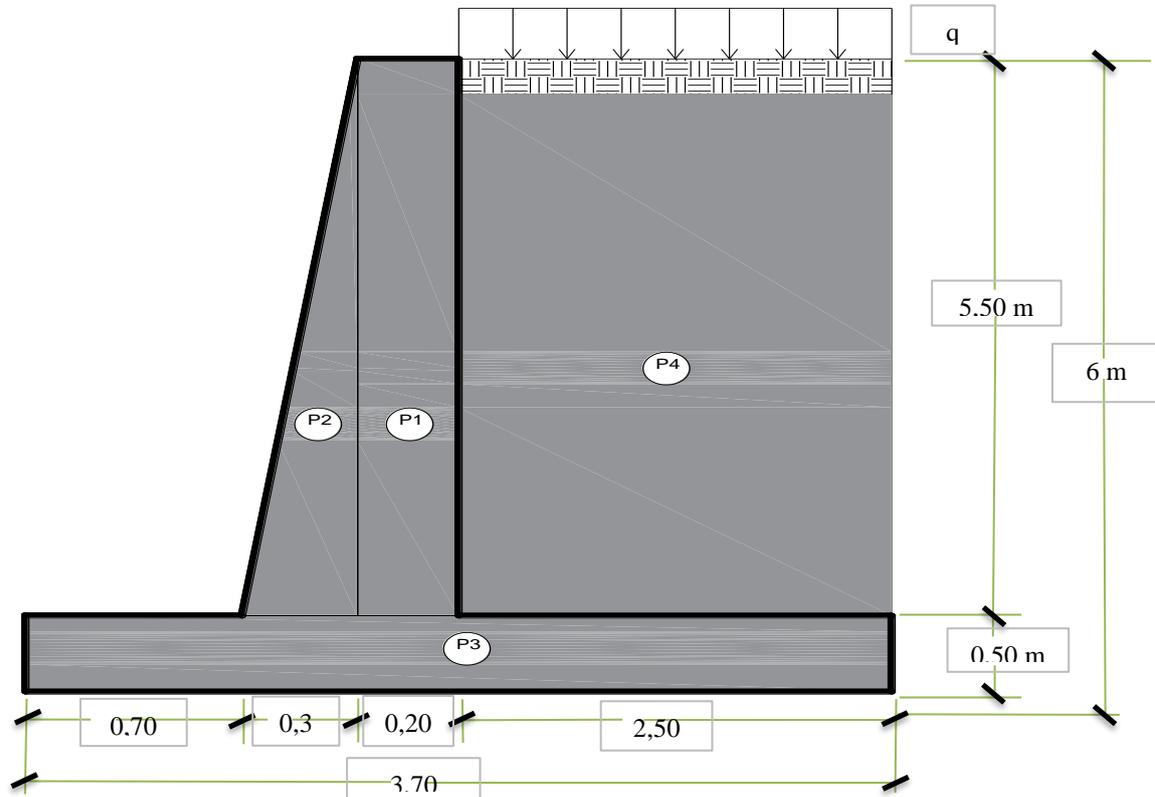
*Datos para diseño de muro en voladizo ASD*

Descripción	Símbolo	Valor	Unidades
Peso unitario del suelo	$\gamma_s$	2000	kg/m <sup>3</sup>
Fricción base	$f$	0,6	adm
Ángulo inclinación de terreno	$\beta$	0	°
Ángulo de fricción interna	$\phi$	30	°
Ángulo interfase trasdós	$\delta$	20	°
Ángulo fuste-terreno	$a$	90	°
Capacidad portante del terreno	$\sigma$	2	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario concreto	$\gamma_c$	2400	kg/m <sup>3</sup>
Resistencia de concreto	$f'_c$	210	kg/cm <sup>2</sup>
Fluencia acero	$f_y$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Sobrecarga	$q$	2000	kg/m <sup>2</sup>
Recubrimiento	$r$	10	cm

## Dimensionamiento Preliminar

**Figura 7:**

Predimensionamiento muro en voladizo ASD



## Cálculo de pesos y momentos

### Cargas Verticales

**Tabla 6**

*Cargas verticales y momentos en muro voladizo ASD*

Descripción	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P1	2640,00	1,10	2904,00
P2	1980,00	0,90	1782,00
P3	4440,00	1,85	8214,00
P4	27500,00	2,45	67375,00
Q	5000,00	2,45	12250,00
PV	41560,00		92525,00

### Cargas Horizontales

\* Cálculo Ka activo teoría COULOMB

#### Ecuación 3 Coeficiente presión activa Coulomb

$$K_a = \frac{\sin^2(a + \varphi)}{\sin^2(a) * \sin(a - \delta) * \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + a) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(a - \delta) \sin(\beta + a)}} \right]^2}$$

$$K_a = 0,283$$

**Tabla 7**

*Cargas horizontales y momentos ASD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
PHS	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2$	10194,54	2,00	20389,07
PHQ	$q * K_a * H \left  \frac{\sin^2(a)}{\sin(a + \beta)} \right $	3398,18	3,00	10194,54
PHT		13592,71		30583,61

### Resumen Cargas Verticales

**Tabla 8**

*Resumen cargas verticales muro voladizo ASD*

Descripción	P1	P2	P3	P4	Q
Fuerzas	2640,00	1980,00	4440,00	27500,00	5000,00
Momentos	1782,00	8214,00	67375,00	12250,00	92525,00

### Resumen Cargas Horizontales

**Tabla 9**

*Resumen cargas horizontales muro voladizo ASD*

Descripción	PHS	PHQ
Fuerzas	10194,54	3398,18
Momentos	20389,07	10194,54

## Estabilidad Geotécnica

### Excentricidad

#### Ecuación 4 Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\text{Momento PHT} - \text{Momento PV}}{\text{Fuerza PV}}$$

$$e = 0,36 \quad \text{Si cumple}$$

$$e_{\text{máx}} = \frac{B}{6} = 0.62$$

### Factor de seguridad volteo

\* Condición:

#### Ecuación 5 Factor de seguridad volteo

$$F.S.V. = \frac{\text{Momento PV}}{\text{Momento PHT}}$$

$$F.S.V. = 3,03 \quad \text{Si cumple}$$

### Factor de seguridad deslizamiento

#### Ecuación 6 Factor de seguridad deslizamiento

$$F.S.D. = \frac{\text{Fuerza PV} * f}{\text{Fuerza PHT}}$$

$$F.S.D. = 1,83 \quad \text{Si cumple}$$

### Presiones de contacto con el suelo

#### Ecuación 7 Presiones en el suelo

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{PV}{B} \left( 1 + \frac{6 * e}{B} \right) = 17.782,30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1,78 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \rightarrow \text{Si cumple}$$

$$\sigma_{\text{mín}} = \frac{PV}{B} \left( 1 - \frac{6 * e}{B} \right) = 4.682,57 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0,47 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \rightarrow \text{Si cumple}$$

**\* Por un metro de influencia**

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 177,82 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma_{min} = 46,83 \text{ kg/cm}$$

Factores de seguridad en la capacidad geotécnica máxima de zapatas extendidas para capacidad de carga y falla deslizando.

**Tabla 10**

*Factores de seguridad en la capacidad geotécnica máxima de zapatas extendidas para falla por deslizamiento*

Condición de falla	Factor de seguridad mínimo requerido (FS)
Capacidad de carga de pie sobre suelo o roca	3.0
Resistencia al deslizamiento de zapatas en suelo o roca	1.5

Nota. Tomado de (National Highway Institute, 2001)

**Diseño Estructural Pantalla**

**Diseño fuste: h = 5,50 m**

**Empuje Horizontal**

**Tabla 11**

*Calculo empuje horizontal y momentos en fuste de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
PHS	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2$	8566,24	1,83	15704,78
PHQ	$q * K_a * H \left[ \frac{\sin^2(a)}{\sin(a + \beta)} \right]$	3115,00	2,75	8566,24
PHT		11681,24		24271,02

## Acero Principal y Distribución

**Tabla 12**
*Cálculo Acero principal y distribución en fuste de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.7 PHS + 1.7 PHQ$	41.260,73	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	3/4	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1,91	cm
Área de varilla	$A_v$	2,84	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	40	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	16,54	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	7,2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	16,54	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_v}{A_s}$	15,00	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	3,89	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b_1 \quad b_1 = 0.85$	4,58	cm
Relación	$C/d$	0,11	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset_t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1,29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_{vt}}{A_{s\text{mín}}}$	17,50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 13**

*Verificación corte en fuste muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.4 PHS + 1.7 PHQ$	17.288,23	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c b d}$	26113,4609	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

Diseño a 2/3 de: **h = 3,67 m**

### Empuje Horizontal

**Tabla 14**

*Calculo empuje horizontal y momentos a 2/3 de la pantalla de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
PHS	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2$	3807,22	1,22	4653,27
PHQ	$q * K_a * H \left[ \frac{\sin^2(a)}{\sin(a+\beta)} \right]$	2076,66	1,83	3807,22
PHT		5883,88		8460,49

### Acero Principal y Distribución

**Tabla 15**

*Cálculo Acero principal y distribución a 2/3 de altura de pantalla de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.7 PHS + 1.7 PHQ$	14.382,83	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	5/8	pulg
Diámetro de varilla	Dv	1,59	cm
Área de varilla	Av	2	cm <sup>2</sup>

Peralte efectivo	$d = h - r$	30	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7Mu * 10^2}{\phi f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	9,79	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	5,4	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	9,79	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_v}{A_s}$	20,00	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	2,30	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b1 \quad b1 = 0.85$	2,71	cm
Relación	$C/d$	0,09	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1,29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_{vt}}{A_{s\text{mín}}}$	22,50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 16**

*Verificación corte a 2/3 de la pantalla de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.4 PHS + 1.7 PHQ$	8.860,44	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c b d}$	19585,09567	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

Diseño a 1/3 de h:  $h = 1,83 \text{ m}$

### Empuje Horizontal

**Tabla 17**

*Calculo empuje horizontal y momentos a 1/3 de la pantalla de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
PHS	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2$	951.80	0.61	581.66
PHQ	$H \left[ \frac{q * K_a * \sin^2(a)}{\sin(a+\beta)} \right]$	1038.33	0.92	951.80
PHT		1990.14		1533.46

### Acero Principal y Distribución

**Tabla 18**

*Cálculo Acero principal y distribución a 1/3 de altura de pantalla de muro voladizo*

*ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.7 \text{ PHS} + 1.7 \text{ PHQ}$	2,606.89	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	1/2	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.27	cm
Área de varilla	$A_v$	1.29	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	20	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	3.52	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	3.6	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	3.60	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = 100 A_v / A_s$	35.00	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45 \text{ cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$\alpha = A_s f_y / 0.85 f_c b$	0.85	cm
Profundidad eje neutro	$C = a / b_1 \quad b_1 = 0.85$	1.00	cm

Relación	C/d	0.05	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset t$	1/2	pulg
Área de varilla	Avt	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$Sp = 100Av/Asmin$	35.00	cm

### Verificación por corte

**Tabla 19**

Verificación corte a 1/3 de la pantalla de muro voladizo ASD

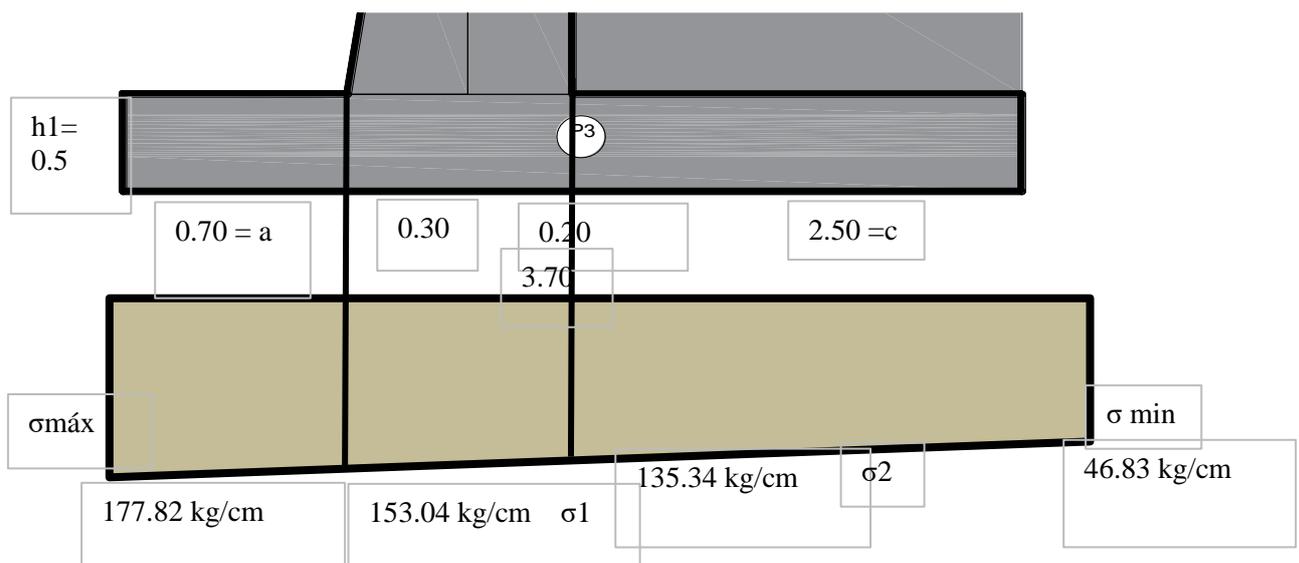
Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.4 PHS + 1.7 PHQ$	3,097.69	kg
Cortante resistente	$V_c = \emptyset 0.53 \sqrt{f_c} b d$	13056.73045	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

### Diseño Estructural cimentación

#### Diseño Punta

**Figura 8:**

Presiones en la punta del muro voladizo ASD



**Cálculo Acero Punta**
**Tabla 20**
*Cálculo Acero en la Punta de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento por peso punta	Mpp	294.00	kg*m
Momento último	$Mu = 1.7 \left[ \left( \frac{\sigma_{\max} * a^2}{2} + \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_1) * a^2}{3} \right) - 1.4 Mpp \right]$	7,682.88	kg*m
Acero principal seleccionado	Ø	5/8	pulg
Diámetro de varilla	Dv	1.59	cm
Área de varilla	Av	2	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	d = h1 - r	40	cm
Área de acero requerida	$As = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7Mu * 10^2}{\phi fcbd^2}} \right] \frac{fcbd}{fy}$	5.16	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	Asmín = 0.0018*b*d	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	As	7.20	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	Sp = 100Av/As	27.50	cm
Verificación espaciamiento	Sp < 45cm	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$\alpha = Asfy/0.85fcb$	1.69	cm
Profundidad eje neutro	C = a/b1      b1 = 0.85	1.99	cm
Relación	C/d	0.05	adm
Verificación sección	C/d <= 0.42	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	Øt	1/2	pulg
Área de varilla	Avt	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	Sp = 100Av/Asmin	17.50	cm

**Verificación por corte**
**Tabla 21**
*Verificación corte en la punta de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante peso punta	Vp = a h1 γc	840.00	kg
Cortante actuante ultimo	$Vu = 1.4 \left( \frac{\sigma_{\max} + \sigma_1}{2} * a \right) - 1.4Vp$	15,036.27	kg
Cortante resistente	Vc = Ø0.53√fcbd	26113.46	kg
Verificación	Vc > Vu	CONFORME	

**Diseño Talón**
**Cálculo Acero Talón**
**Tabla 22**
*Cálculo acero en el talón de muro voladizo ASD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento por sobrecarga	$M_s = q l c (c/2)$	6250	kg*m
Momento por peso relleno	$M_{pr} = \gamma_s c H (c/2)$	0	kg*m
Momento por peso talón	$M_{pt}$	3750.00	kg*m
Momento último	$M_u = 1.7 \left[ - \left( \frac{\sigma_{mín} * c^2}{2} + \frac{(\sigma_2 - \sigma_{mín}) * c^2}{3} \right) \right]$ $+ 1.7 M_s + 1.4 M_{pt}$ $+ 1.7 M_{pr}$	33762.4 1	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	3/4	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.91	cm
Área de varilla	$A_v$	2.84	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h_1 - r$	40	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	24.03	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	24.03	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = 100 A_v / A_s$	10.00	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45 \text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$\alpha = A_s f_y / 0.85 f_c b$	5.65	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b_1 \quad b_1 = 0.85$	6.65	cm
Relación	$C/d$	0.17	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset_t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = 100 A_v / A_{s\text{mín}}$	17.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 23**

*Verificación corte en el talón de muro voladizo ASD.*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante sobrecarga	$V_s = q l c$	5,000.00	kg
Cortante actuante relleno	$V_{pr} = \gamma_s c H$	27,500.00	kg
Cortante actuante peso talón	$V_t = c h l \gamma_c$	3,000.00	kg
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.4 \left( - \left( \frac{\sigma^2 + \sigma_{mín}}{2} \right) * c + V_{pr} + V_t \right) + 1.7V_s$	19,321.47	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c} b d$	26113.46	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

## MÉTODO LRFD

### Datos

**Tabla 24**

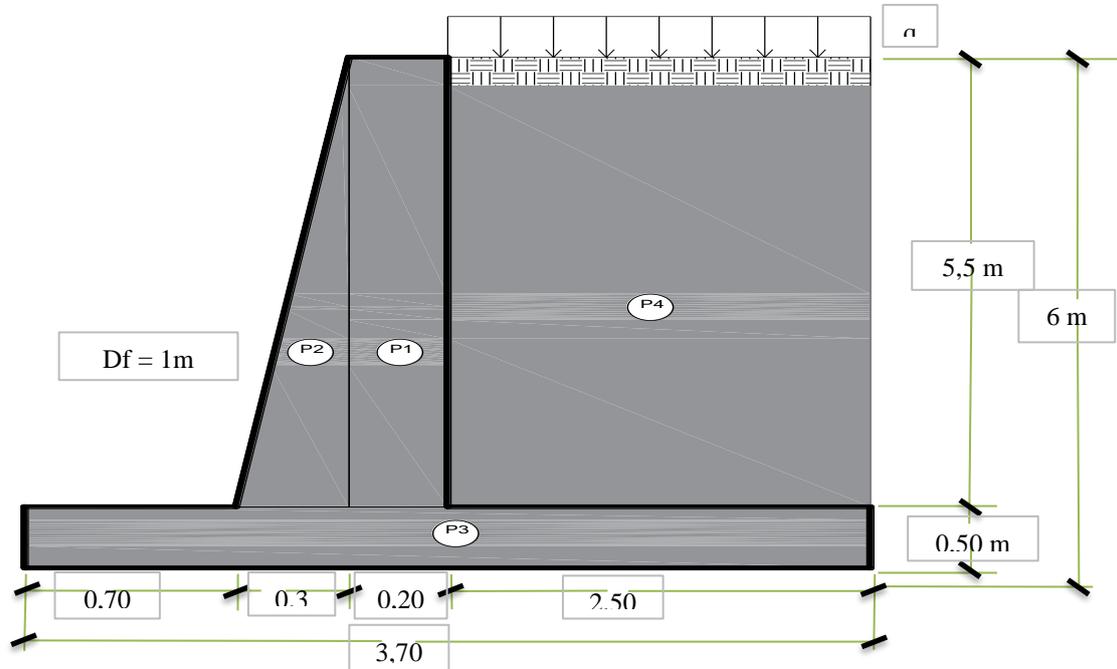
*Datos para diseño de muro en voladizo LRFD*

Descripción	Símbolo	Valor	Unidades
Peso unitario del suelo	$\gamma_s$	2000	kg/m <sup>3</sup>
Fricción base	f	0.6	adm
Ángulo inclinación de terreno	$\beta$	0	°
Ángulo de fricción interna	$\phi$	30	°
Ángulo interfase trasdós	$\delta$	20	°
Ángulo fuste-terreno	a	90	°
Capacidad portante del terreno	$\sigma$	2	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario concreto	$\gamma_c$	2400	kg/m <sup>3</sup>
Resistencia de concreto	$f'_c$	210	kg/cm <sup>2</sup>
Fluencia acero	$f_y$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Sobrecarga	q	2000	kg/m <sup>2</sup>
Recubrimiento	r	10	cm

## Dimensionamiento Preliminar

**Figura 9:**

Predimensionamiento muro en voladizo LRFD



## Cálculo de pesos y momentos

### Cargas Verticales

### Carga muerta de componentes estructurales y accesorios no estructurales (DC)

**Tabla 25**

*Carga muerta y momentos de componentes estructurales y accesorios no estructurales de muro en voladizo LRFD*

Descripción	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P1	2640.00	1.10	2904.00
P2	1980.00	0.90	1782.00
P3	4440.00	1.85	8214.00

### Presión de tierra vertical (PV)

**Tabla 26**

*Cálculo de presión de tierra y momento de muros en voladizo LRFD*

Descripción	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P4	27500	2.45	67375

### Recargo por carga viva (LS)

\* Altura equivalente del suelo para la carga del vehículo de diseño (heq)

**Tabla 27**

*AAHSTO A3.11.62-1*

	Altura de la pared (m)	heq (m)
≤	1.50	1.70
	3.00	1.20
	6.00	0.76
≥	9.00	0.61

Nota. Tomado de (National Highway Institute, 2001)

\* Altura de pantalla: 6m

Interpolación

$$X0 = 3 \quad Y0 = 1.2$$

$$X1 = 6 \quad Y1 = 0.76$$

$$\text{*heq} = 0.76$$

**Tabla 28**

*Cálculo de recargo por carga viva y momentos de muro de voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
Plsv	$= B \text{ talón} * heq * \gamma_s$	3800.00	2.45	9310.00
	$= Ka * heq$			
$\Delta Plsv$	$* \gamma_s * H * \sin \varphi$	1291.31	3.70	4777.84

**Presión lateral de tierra sobre talón (EH)**

**Tabla 29**

*Cálculo de presión lateral de tierra y momento en el talón de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
Pav	$\gamma_s * \frac{1}{2} * Ka * H^2 * \sin \varphi$	5097.27	3.70	18859.89

**TOTAL**

**Tabla 30**

*Cálculo total de muro voladizo LRFD*

PV	46748.58	113222.73
----	----------	-----------

**Cargas horizontales**

\* Cálculo Ka activo teoría COULOMB

**Ecuación 8 Coeficiente presión activa Coulomb**

$$Ka = \frac{\sin^2(a + \varphi)}{\sin^2(a) * \sin(a - \delta) * \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + a) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(a - \delta) \sin(\beta + a)}} \right]^2}$$

$$Ka = 0,283$$

### Recargo por carga viva (LS)

**Tabla 31**

*Cálculo de recargo por carga viva y momento de muro de voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta P_{lsh}$	$= K_a * h_{eq} * \gamma_s * H * \cos \varphi$	2236.61	3.00	6709.83

### Presión lateral de tierra (EH)

**Tabla 32**

*Cálculo de presión lateral de tierra y momento de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$P_{ah}$	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2 * \cos \varphi$	8828.73	2.00	17657.45

### Total

**Tabla 33**

*Cálculo total de muro voladizo LRFD*

PHT	11065.34	24367.29
-----	----------	----------

### Resumen cargas verticales

**Tabla 34**

*Resumen del cálculo de cargas verticales de muro voladizo LRFD*

Descripción	P1	P2	P3	P4	P <sub>lsv</sub>	$\Delta P_{lsv}$	P <sub>av</sub>
Fuerzas	2640.00	1980.00	4440.00	27500.00	3800.00	1291.31	5097.27
Momentos	2904.00	1782.00	8214.00	67375.00	9310.00	4777.84	18859.89

## Resumen cargas horizontales

**Tabla 35**

*Resumen del cálculo de cargas horizontales en muro voladizo LRFD*

Descripción	$\Delta P_{lsh}$	$P_{ah}$
Fuerzas	2236.61	8828.73
Momentos	6709.83	17657.45

## Factores de carga

**Tabla 36**

*Cálculo de factores de carga de muro voladizo LRFD*

Grupo	$\gamma_{DC}$	$\gamma_{EV}$	$\gamma_{LS}$	$\gamma_{EH}$	Uso
Fuerza I-a	0.90	1.00	1.75	1.50	EC/SL
Fuerza I-b	1.25	1.35	1.75	1.50	BC (valor máx)
Fuerza IV	1.50	1.35		1.50	BC (valor máx)
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00	Asentamiento

**\*Nota: BC - Capacidad de carga; EC - excentricidad; SL – deslizamiento**

## Cargas verticales factorizadas

**Tabla 37**

*Cálculo de cargas verticales factorizadas de muro voladizo LRFD*

Grupo	$\gamma_{DC}$			$\gamma_{EV}$	$\gamma_{LS}$		$\gamma_{EH}$	TOTAL
	P1	P2	P3	P4	$P_{lsv}$	$\Delta P_{lsv}$	$P_{av}$	
<b>Fuerzas</b>	<b>2640.00</b>	<b>1980.00</b>	<b>4440.00</b>	<b>27500.00</b>	<b>3800.00</b>	<b>1291.31</b>	<b>5097.27</b>	<b>46748.58</b>
Fuerza I-a	2376.00	1782.00	3996.00	27500.00	6650.00	2259.79	7645.90	52209.69
Fuerza I-b	3300.00	2475.00	5550.00	37125.00	6650.00	2259.79	7645.90	65005.69
Fuerza IV	3960.00	2970.00	6660.00	37125.00	0.00	0.00	7645.90	58360.90
Servicio I	2640.00	1980.00	4440.00	27500.00	3800.00	1291.31	5097.27	46748.58
<b>Momentos</b>	<b>2904.00</b>	<b>1782.00</b>	<b>8214.00</b>	<b>67375.00</b>	<b>9310.00</b>	<b>4777.84</b>	<b>18859.89</b>	<b>113222.73</b>
Fuerza I-a	2613.60	1603.80	7392.60	67375.00	16292.50	2259.79	28289.84	125827.12
Fuerza I-b	3630.00	2227.50	10267.50	90956.25	16292.50	2259.79	28289.84	153923.37
Fuerza IV	4356.00	2673.00	12321.00	90956.25	0.00	0.00	28289.84	138596.09
Servicio I	2904.00	1782.00	8214.00	67375.00	9310.00	1291.31	18859.89	109736.20

## Cargas horizontales factorizadas

**Tabla 38**

*Cálculo de cargas horizontales factorizadas de muro voladizo LRFD*

<b>Grupo</b>	<b>YLS</b>	<b>YEH</b>	
<b>Descripción</b>	<b><math>\Delta Plsh</math></b>	<b>Pah</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Fuerzas</b>	<b>2236.61</b>	<b>8828.73</b>	<b>11065.34</b>
Fuerza I-a	3914.07	13243.09	17157.16
Fuerza I-b	3914.07	13243.09	17157.16
Fuerza IV	0.00	13243.09	13243.09
Servicio I	2236.61	8828.73	11065.34
<b>Momentos</b>	<b>6709.83</b>	<b>17657.45</b>	<b>24367.29</b>
Fuerza I-a	11742.21	26486.18	38228.38565
Fuerza I-b	11742.21	26486.18	38228.38565
Fuerza IV	0.00	26486.18	26486.17943
Servicio I	6709.83	17657.45	24367.28508

## Estabilidad Geotécnica

### Verificación excentricidad

**Tabla 39**

*Verificación de excentricidad de muro voladizo LRFD*

<b>Grupo</b>	<b>Vtot (kg)</b>	<b>Htot (kg)</b>	<b>Mvtot (kg*m)</b>	<b>Mhtot (kg*m)</b>	<b>Xo (m)</b>	<b>eb (m)</b>	<b>emáx (m)</b>	<b>eb &lt; emáx</b>
Fuerza I-a	45559.69	17157.16	109534.62	38228.3856	1.57	0.28	0.925	Si cumple
Fuerza I-b	58355.69	17157.16	137630.87	38228.3856	1.70	0.15	0.925	Si cumple
Fuerza IV	58360.90	13243.09	138596.09	26486.1794	1.92	-0.07	0.925	Si cumple
Servicio I	46748.58	11065.34	109736.20	24367.2851	1.83	0.02	0.62	Si cumple

\*Nota: La fuerza y momento debido a la sobrecarga viva sobre el talón (Plsv) no se

incluyen en la evaluación de excentricidad

### Ecuación 9 Excentricidad

$$X_o = \frac{M_{vtot} - M_{htot}}{V_{tot}}$$

$$eb = \frac{B}{2} - X_o$$

$$e_{máx} = \frac{B}{4}$$

### Verificación volteo

#### Presiones en zapata

#### Tabla 40

*Cálculo de presiones en zapata de muro voladizo LRFD*

Grupo	Vtot (kg)	Mvtot (kg*m)	Mhtot (kg*m)	Xo (m)	γq (kg)
Fuerza I-a	52209.69	125827.12	38228.39	1.68	15558.74
Fuerza I-b	65005.69	153923.37	38228.39	1.78	18262.41
Fuerza IV	58360.90	138596.09	26486.18	1.92	15190.43
Servicio I	46748.58	109736.20	24367.29	1.83	12799.91

$$\gamma q = \frac{V_{tot}}{2 X_o}$$

### Idoneidad de la resistencia de los zapata

#### Ecuación 10 Esfuerzo admisible zapata LRFD

$$qr = \phi q_u = \phi (c * N_{cm} + Y_s * D_f * N_{qm})$$

$\phi$  = Factores de resistencia para el estado límite de resistencia geotécnica para cimentaciones poco profundas

$$\phi = 0.60$$

Factores de resistencia para el estado límite de resistencia geotécnica para cimentaciones poco profundas.

**Tabla 41**

*Factor de resistencia de suelo para método LRFD*

MÉTODO / SUELO / CONDICIÓN		RESISTENCIA <sup>(1)</sup> FACTOR
Capacidad de Carga	Arena	
	• Procedimiento semiempírico utilizando datos SPT.	0.45
	• Procedimiento semiempírico utilizando datos de CPT	0.55
	• Método racional usando $\phi_r$ de:	
	- Datos SPT	0.35
	- Datos de CPT	0.45
	Arcilla	
• Procedimiento semiempírico utilizando datos de CPT	0.50	
• Método racional usando $S_u$ de:		
- Pruebas de laboratorio (UU Triaxial)	0.60	
- Pruebas de cizalla de paletas de campo	0.60	
- Datos de CPT	0.50	
Roca: procedimiento semiempírico	0.60	
Prueba de carga de placa	0.55	

\*Cálculo factores de modificación de carga Método de Meyerhoff

$$N_{cm} = N_c * S_c * d_c \qquad N_{qm} = N_y * S_y * d_y$$

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

$$N_q = 18.40$$

**Factor de capacidad de apoyo**

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_y = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

$$N_c = 30$$

$$N_y = 15.67$$

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

$$K_p = 3.00$$

### Factor de forma

\* Para ángulos mayores a 10°

$$S_c = 1 + 0.2 * Kp * \frac{B}{L}$$

$$S_y = 1 + 0.1 * Kp * \frac{B}{L}$$

$$S_c = 1.16$$

$$S_y = 1.08$$

### Factor de profundidad

$$d_c = 1 + 0.2 * \sqrt{Kp} * \frac{Df}{B}$$

$$d_y = 1 + 0.1 * \sqrt{Kp} * \frac{Df}{B}$$

$$d_c = 1.35$$

$$d_y = 1.17$$

$$q_r = 23846.69 > \gamma q = 18262.41 \quad \text{Si Cumple}$$

### Verificación deslizamiento

$$Q_r = \phi_r Q_r$$

Donde:

$$\phi_r = 0.85$$

$$\gamma q_{m\acute{a}x} = \frac{V_{tot}}{B} + \left[ 6 * V_{tot} * \frac{eb}{B^2} \right]$$

$$\gamma q_{m\acute{i}n} = \frac{V_{tot}}{B} - \left[ 6 * V_{tot} * \frac{eb}{B^2} \right]$$

$$Q_r = \frac{1}{2} \left( \frac{\gamma q_{m\acute{a}x} + \gamma q_{m\acute{i}n}}{2} \right) B$$

Factores de resistencia para el estado límite de resistencia geotécnica para cimentaciones poco profundas.

**Tabla 42**
*Factor de resistencia de suelo para método LRFD*

MÉTODO / SUELO / CONDICIÓN		RESISTENCIA <sup>(1)</sup> FACTOR
Deslizante y Pasivo Presión	Prefabricado de hormigón sobre arena utilizando $\phi_r$ de: - Datos SPT - Datos de CPT	0.90 0.90
	Hormigón colado en el lugar sobre arena usando $\phi_r$ de: - Datos SPT - Datos de CPT	0.80 0.80
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigón prefabricado o colado en el sitio en una subbase de arena de 150 mm de espesor sobre arcilla donde <math>S_u &lt; 0.5 \sigma_n</math></li> <li>Usando resistencia al corte (<math>S_u</math>) medida a partir de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas de laboratorio (UU Triaxial)</li> <li>- Pruebas de cizalla de paletas de campo</li> <li>- Datos CPT</li> </ul> </li> <li>Hormigón prefabricado o colado en el sitio en una subbase de arena de 150 mm de espesor sobre arcilla donde <math>S_u &gt; 0.5 \sigma_n</math></li> </ul>	0.85 0.85 0.80 0.85
	Suelo en el suelo	1.00
	Componente de presión pasiva de resistencia al deslizamiento	0.50
	Estabilidad general	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los parámetros geotécnicos están bien definidos y la pendiente ni admite/contiene una estructura</li> <li>Los parámetros geotécnicos se basan en datos limitados, o la pendiente soporta/contiene una estructura</li> </ul>

Nota. Tomado de (National Highway Institute, 2001)

**Tabla 43**
*Verificación de deslizamiento de muro voladizo LRFD*

Grupo	$\gamma_{q\max}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{q\min}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{q\max}/2$ (kg/m <sup>2</sup> )	Q <sub>r</sub> (kg)	$\phi_r Q_r$ (kg)	H <sub>tot</sub> (kg)	$\phi_r Q_r > H_{tot}$
Fuerza I-a	18001.90	6624.96	9000.95	22779.85	19362.87	17157.16	SI CUMPLE
Fuerza I-b	19521.50	12022.12	9760.75	29177.85	24801.17	17157.16	SI CUMPLE
Fuerza IV	13957.77	17588.66	6978.89	29180.45	24803.38	13243.09	SI CUMPLE
Servicio I	13123.85	12145.66	6561.92	23374.29	19868.14	11065.34	SI CUMPLE

**Presiones de contacto con el suelo**

$$\sigma_{\max} = 19,521.50 \frac{kg}{m^2} = 1.95 \frac{kg}{cm^2} \quad Si \text{ Cumple}$$

$$\sigma_{\min} = 12,022.12 \frac{kg}{m^2} = 1.20 \frac{kg}{cm^2} \quad Si \text{ Cumple}$$

**\* Por un metro de influencia**

$$\sigma_{\text{máx}} = 195.21 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma_{\text{min}} = 120.22 \text{ kg/cm}$$

**Diseño estructural pantalla**

**Diseño fuste: h = 5.50 m**

**Empuje horizontal**

**Tabla 44**

*Cálculo empuje horizontal y momentos en fuste de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta P_{lsh}$	$Ka * heq * \gamma_s * H * \cos \varphi$	2,050.23	2.75	5,638.12
Pah	$\gamma_s * \frac{1}{2} * Ka * H^2 * \cos \varphi$	7,418.58	1.83	13,600.73
PHT		9,468.81		19,238.86

**Acero principal y distribución**

**Tabla 45**

*Cálculo Acero principal y distribución en fuste de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	30,267.82	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	3/4	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.91	cm
Área de varilla	$A_v$	2.84	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	40	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	11.80	cm <sup>2</sup>

Área de acero mínimo	$As_{mín} = 0.0018 * b * d$	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	As	11.80	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$Sp = 100Av/As$	22.50	cm
Verificación espaciamiento	$Sp < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{Asfy}{0.85fcb}$	2.78	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b1 = 0.85$	3.27	cm
Relación	C/d	0.08	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	Øt	1/2	pulg
Área de varilla	Avt	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$Sp = \frac{100Avt}{As_{mín}}$	17.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 46**

*Verificación corte en fuste muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.75 \Delta Plsh + 1.50 Pah$	14,715.77	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{fcbd}$	26113.4609	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

**Diseño a 2/3 de h: h = 3.67 m**

### Empuje horizontal

**Tabla 47**

*Cálculo empuje horizontal y momentos a 2/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta Plsh$	$Ka * heq * \gamma_s * H * \cos \phi$	1,366.82	1.83	2,505.83
Pah		3,297.15	1.22	4,029.85

$$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2 * \cos \varphi$$

PHT	4,663.97	6,535.68
-----	----------	----------

**Acero principal y distribución**

**Tabla 48**

*Cálculo Acero principal y distribución a 2/3 de altura de pantalla de muro voladizo*

*LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.75 \Delta P_{1sh} + 1.50 P_{ah}$	10,429.98	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	5/8	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.59	cm
Área de varilla	$A_v$	2	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	30	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	5.96	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	5.4	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	5.96	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_v}{A_s}$	32.50	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	1.40	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b_1 \quad b_1 = 0.85$	1.65	cm
Relación	$C/d$	0.05	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset_t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_{vt}}{A_{s\text{mín}}}$	22.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 49**

*Verificación corte a 2/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	7,337.65	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c b d}$	19585.09567	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

**Diseño a 1/3 h: h = 1.83 m**

### Empuje horizontal

**Tabla 50**

*Cálculo empuje horizontal y momentos a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta P_{lsh}$	$K_a * h e q * \gamma_s * H * \cos \phi$	683.41	0.92	626.46
$P_{ah}$	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2 * \cos \phi$	824.29	0.61	503.73
PHT		1,507.70		1,130.19

### Acero principal y distribución

**Tabla 51**

*Cálculo Acero principal y distribución a 1/3 de altura de pantalla de muro voladizo*

*LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	1,851.90	kg*m
Acero principal seleccionado	$\phi$	1/2	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.27	cm

Área de varilla	$A_v$	1.29	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	20	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7Mu * 10^2}{\phi f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	2.49	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	3.6	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	3.60	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_v}{A_s}$	35.00	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	0.85	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b1 \quad b1 = 0.85$	1.00	cm
Relación	$C/d$	0.05	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\phi t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_{vt}}{A_{s\text{mín}}}$	35.00	cm

### Verificación por corte

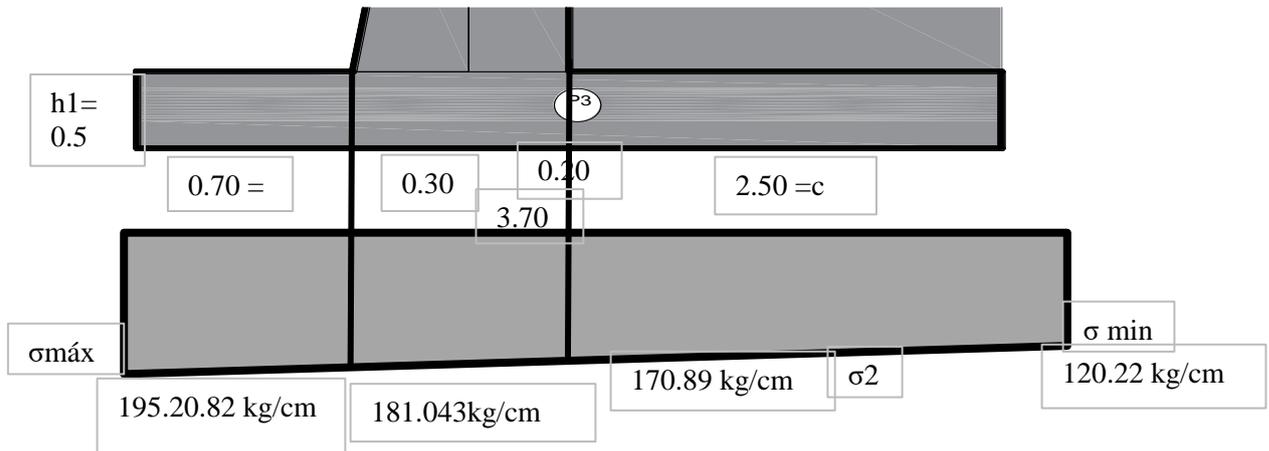
**Tabla 52**

*Verificación corte a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	2,432.40	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c b d}$	13056.73045	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

**Diseño estructural cimentación**
**Diseño Punta**
**Figura 10:**

Presiones en la punta del muro voladizo LRFD


**Cálculo acero punta**
**Tabla 53**
*Cálculo Acero en la Punta de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento por peso punta	$M_{pp}$	294.00	kg*m
Momento último	$M_u = \left[ \left( \frac{\sigma_{\text{máx}} * a^2}{2} + \frac{(\sigma_{\text{máx}} - \sigma_1) * a^2}{3} \right) - 1.25M_{pp} \right]$	4,647.00	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	5/8	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.59	cm
Área de varilla	$A_v$	2	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h_1 - r$	40	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	3.10	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	7.20	cm <sup>2</sup>

Espaciamiento	$Sp = \frac{100Av}{As}$	27.50	cm
Verificación espaciamiento	$Sp < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{verAsfy}{0.85fcb}$	1.69	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b1 \quad b1 = 0.85$	1.99	cm
Relación	$C/d$	0.05	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset t$	1/2	pulg
Área de varilla	$Avt$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$Sp = \frac{100Avt}{Asmín}$	17.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 54**

*Verificación corte en la punta de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante peso punta	$Vp = a h1 \gamma c$	840.00	kg
Cortante actuante ultimo	$Vu = \left( \frac{\sigma máx + \sigma 1}{2} * a \right) - 1.25Vp$	12,118.47	kg
Cortante resistente	$Vc = \emptyset 0.53 \sqrt{fcbd}$	26113.46	kg
Verificación	$Vc > Vu$	CONFORME	

### Diseño Talón

#### Cálculo de acero talón

**Tabla 55**

*Cálculo acero en el talón de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento por sobrecarga	$Ms = 1.75 Plsv + 1.75 \Delta Plsv$	11137.24	kg*m
Momento por peso relleno	$Mpr = 1.35 P4 + 1.50 Pav$	55963.63	kg*m
Momento por peso talón	$1.25 Mpt$	4687.50	kg*m

$$Mu = \left[ - \left( \frac{\sigma_{mín} * c^2}{2} + \frac{(\sigma_2 - \sigma_{mín}) * c^2}{3} \right) + M_{pt} + M_{pr} \right] + M_s$$

Momento ultimo		28940.96	kg*m
Acero principal seleccionado	Ø	3/4	pulg
Diámetro de varilla	Dv	1.91	cm
Área de varilla	Av	2.84	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	d = h1 - r	40	cm
Área de acero requerida	$As = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7Mu * 10^2}{\phi fcb d^2}} \right] \frac{fcb d}{fy}$	20.36	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	Asmín = 0.0018*b*d	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	As	20.36	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$Sp = \frac{100Av}{As}$	12.50	cm
Verificación espaciamiento	Sp < 45cm	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{Asfy}{0.85fcb}$	4.79	cm
Profundidad eje neutro	C = a/b1      b1 = 0.85	5.64	cm
Relación	C/d	0.14	adm
Verificación sección	C/d <= 0.42	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	Øt	1/2	pulg
Área de varilla	Avt	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$Sp = \frac{100Avt}{Asmín}$	17.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 56**
*Verificación corte en el talón de muro voladizo LRFD*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante sobrecarga	$V_s = 1.75 P_{lsv} + 1.75 \Delta P_{lsv}$	8,909.79	kg
Cortante actuante relleno	$V_{pr} = 1.35 P_v + 1.50 P_{av}$	44,770.90	kg
Cortante actuante peso talón	$V_t = (c h_1 \gamma_c) 1.25$	3,750.00	kg
Cortante actuante ultimo	$V_u = \left( - \left( \frac{\sigma_2 + \sigma_{mín}}{2} \right) * c + V_{pr} + V_t \right) + V_s$	21,041.46	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{fcb d}$	26113.46	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

## MÉTODO LRFD OPTIMIZADO

### Datos

**Tabla 57**

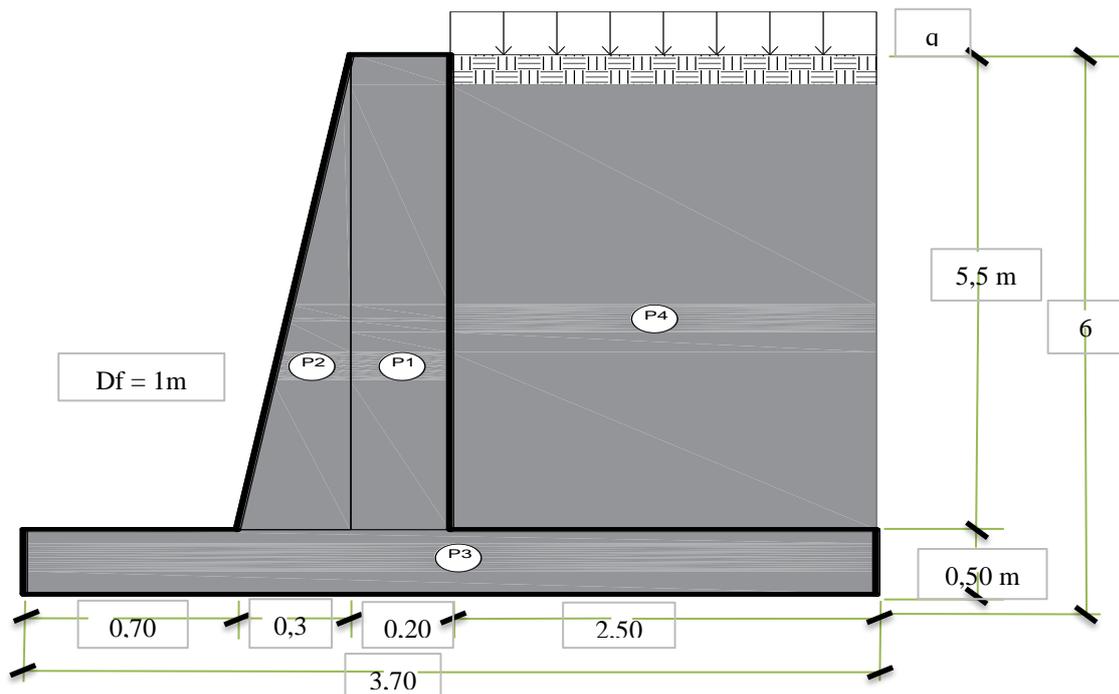
*Datos para diseño de muro en voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Símbolo	Valor	Unidades
Peso unitario del suelo	$\gamma_s$	2000	kg/m <sup>3</sup>
Fricción base	$f$	0.6	adm
Ángulo inclinación de terreno	$\beta$	0	°
Ángulo de fricción interna	$\phi$	30	°
Ángulo interfase trasdós	$\delta$	20	°
Ángulo fuste-terreno	$\alpha$	90	°
Capacidad portante del terreno	$\sigma$	2	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario concreto	$\gamma_c$	2400	kg/m <sup>3</sup>
Resistencia de concreto	$f'_c$	210	kg/cm <sup>2</sup>
Fluencia acero	$f_y$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Sobrecarga	$q$	2000	kg/m <sup>2</sup>
Recubrimiento	$r$	10	cm

### Dimensionamiento Preliminar

**Figura 11:**

Predimensionamiento muro en voladizo LRFD Optimizado



## Cálculo de pesos y momentos

### Cargas verticales

#### Carga muerta de componentes estructurales y accesorios no estructurales

(DC)

**Tabla 58**

*Carga muerta y momentos de componentes estructurales y accesorios no estructurales de muro en voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P1	2640.00	1.10	2904.00
P2	1980.00	0.90	1782.00
P3	4380.00	1.83	7993.50

#### Presión de tierra vertical (PV)

**Tabla 59**

*Cálculo de presión de tierra y momento de muros en voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P4	26950	2.425	65353.75

#### Recargo por carga viva (LS)

\* Altura equivalente del suelo para la carga del vehículo de diseño (heq)

**Tabla 60**

*AAHSTO A3.11.6.2-1*

Altura de la pared (m)	heq (m)
≤ 1.50	1.70
3.00	1.20
6.00	0.76
≥ 9.00	0.61

\* Altura de pantalla: 6m

Interpolación:  $X0 = 3$                        $Y0 = 1.2$   
 $X1 = 6$                                        $Y1 = 0.76$

**\*heq = 0.76**

**Tabla 61**

*Cálculo de recargo por carga viva y momentos de muro de voladizo LRFD*

*Optimizado*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P <sub>lsv</sub>	$= B \text{ talón} * heq * \gamma_s$	3724.00	2.43	9030.70
$\Delta P_{lsv}$	$= K_a * heq * \gamma_s * H * \sin \varphi$	1291.31	3.65	4713.27

**Presión lateral de tierra sobre talón (EH)**

**Tabla 62**

*Cálculo de presión lateral de tierra y momento en el talón de muro voladizo LRFD*

*Optimizado*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P <sub>av</sub>	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2 * \sin \varphi$	5097.27	3.65	18605.03

## Total

**Tabla 63**

*Cálculo total de muro voladizo LRFD Optimizado*

PV	46062.58	110382.25
----	----------	-----------

## Cargas horizontales

\* Cálculo Ka activo teoría COULOMB

### Ecuación 11 Coeficiente presión activa Coulomb

$$K_a = \frac{\sin^2(a + \varphi)}{\sin^2(a) * \sin(a - \delta) * \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \alpha) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(a - \delta) \sin(\beta + \alpha)}} \right]^2}$$

$$K_a = 0,283$$

## Recargo por carga viva (LS)

**Tabla 64**

*Cálculo de recargo por carga viva y momento de muro de voladizo LRFD*

*Optimizado*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta P_{lsh}$	$= K_a * h_{eq} * \gamma_s * H * \cos \varphi$	2236.61	3.00	6709.83

## Presión lateral de tierra (EH)

**Tabla 65**

*Cálculo de presión lateral de tierra y momento de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$P_{ah}$	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2 * \cos \varphi$	8828.73	2.00	17657.45

## Total

### Tabla 66

*Cálculo total de muro voladizo LRFD Optimizado*

PHT	11065.34	24367.29
-----	----------	----------

### Resumen cargas verticales

### Tabla 67

*Resumen del cálculo de cargas verticales de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	P1	P2	P3	P4	Plsv	ΔPlsv	Pav
Fuerzas	2640.00	1980.00	4380.00	26950.00	3724.00	1291.31	5097.27
Momentos	2904.00	1782.00	7993.50	65353.75	9030.70	4713.27	18605.03

### Resumen cargas horizontales

### Tabla 68

*Resumen del cálculo de cargas horizontales en muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	ΔPlsh	Pah
Fuerzas	2236.61	8828.73
Momentos	6709.83	17657.45

### Factores de carga

### Tabla 69

*Cálculo de factores de carga de muro voladizo LRFD Optimizado*

Grupo	γ <sub>DC</sub>	γ <sub>EV</sub>	γ <sub>LS</sub>	γ <sub>EH</sub>	Uso
Fuerza I-a	0.90	1.00	1.75	1.50	EC/SL
Fuerza I-b	1.25	1.35	1.75	1.50	BC (valor máx)
Fuerza IV	1.50	1.35		1.50	BC (valor máx)
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00	Asentamiento

\*Nota: BC - Capacidad de carga; EC - excentricidad; SL – deslizamiento

### Cargas verticales factorizadas

**Tabla 70**
*Cálculo de cargas verticales factorizadas de muro voladizo LRFD Optimizado*

<b>Grupo</b>	<b>YDC</b>			<b>YEV</b>	<b>YLS</b>		<b>YEH</b>	
<b>Descripción</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>Plsv</b>	<b>ΔPlsv</b>	<b>Pav</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Fuerzas</b>	<b>2640.00</b>	<b>1980.00</b>	<b>4380.00</b>	<b>26950.00</b>	<b>3724.00</b>	<b>1291.31</b>	<b>5097.27</b>	<b>46062.58</b>
Fuerza I-a	2376.00	1782.00	3942.00	26950.00	6517.00	2259.79	7645.90	51472.69
Fuerza I-b	3300.00	2475.00	5475.00	36382.50	6517.00	2259.79	7645.90	64055.19
Fuerza IV	3960.00	2970.00	6570.00	36382.50	0.00	0.00	7645.90	57528.40
Servicio I	2640.00	1980.00	4380.00	26950.00	3724.00	1291.31	5097.27	46062.58
<b>Momentos</b>	<b>2904.00</b>	<b>1782.00</b>	<b>7993.50</b>	<b>65353.75</b>	<b>9030.70</b>	<b>4713.27</b>	<b>18605.03</b>	<b>110382.25</b>
Fuerza I-a	2613.60	1603.80	7194.15	65353.75	15803.73	2259.79	27907.54	122736.35
Fuerza I-b	3630.00	2227.50	9991.88	88227.56	15803.73	2259.79	27907.54	150047.99
Fuerza IV	4356.00	2673.00	11990.25	88227.56	0.00	0.00	27907.54	135154.35
Servicio I	2904.00	1782.00	7993.50	65353.75	9030.70	1291.31	18605.03	106960.28

### Cargas horizontales factorizadas

**Tabla 71**
*Cálculo de cargas horizontales factorizadas de muro voladizo LRFD Optimizado*

<b>Grupo</b>	<b>YLS</b>	<b>YEH</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Descripción</b>	<b>ΔPlsh</b>	<b>Pah</b>	
<b>Fuerzas</b>	<b>2236.61</b>	<b>8828.73</b>	<b>11065.34</b>
Fuerza I-a	3914.07	13243.09	17157.16
Fuerza I-b	3914.07	13243.09	17157.16
Fuerza IV	0.00	13243.09	13243.09
Servicio I	2236.61	8828.73	11065.34
<b>Momentos</b>	<b>6709.83</b>	<b>17657.45</b>	<b>24367.29</b>
Fuerza I-a	11742.21	26486.18	38228.38565
Fuerza I-b	11742.21	26486.18	38228.38565
Fuerza IV	0.00	26486.18	26486.17943
Servicio I	6709.83	17657.45	24367.28508

## Estabilidad geotécnica

### Verificación excentricidad

**Tabla 72**
*Verificación de excentricidad de muro voladizo LRFD Optimizado*

Grupo	Vtot (kg)	Htot (kg)	Mvtot (kg*m)	Mhtot (kg*m)	Xo (m)	eb (m)	emáx (m)	eb < emáx
Fuerza I-a	44955.69	17157.16	106932.63	38228.3856	1.53	0.30	0.9125	Si cumple
Fuerza I-b	57538.19	17157.16	134244.27	38228.3856	1.67	0.16	0.9125	Si cumple
Fuerza IV	57528.40	13243.09	135154.35	26486.1794	1.89	-0.06	0.9125	Si cumple
Servicio I	46062.58	11065.34	106960.28	24367.2851	1.79	0.03	0.61	Si cumple

\*Nota: La fuerza y momento debido a la sobrecarga viva sobre el talón (Plsv) no se

incluyen en la evaluación de excentricidad

$$X_o = \frac{M_{vtot} - M_{htot}}{V_{tot}}$$

$$e_b = \frac{B}{2} - X_o$$

$$e_{máx} = \frac{B}{4}$$

### Verificación volteo

#### Presiones en zapata

**Tabla 73**
*Cálculo de presiones en zapata de muro voladizo LRFD Optimizado*

Grupo	Vtot (kg)	Mvtot (kg*m)	Mhtot (kg*m)	Xo (m)	γq (kg)
Fuerza I-a	51472.69	122736.35	38228.39	1.64	15675.67
Fuerza I-b	64055.19	150047.99	38228.39	1.75	18346.82
Fuerza IV	57528.40	135154.35	26486.18	1.89	15227.63
Servicio I	46062.58	106960.28	24367.29	1.79	12844.68

$$\gamma q = \frac{V_{tot}}{2 X_o}$$

#### Idoneidad de la resistencia de la zapata

#### Ecuación 12 Esfuerzo admisible zapata LRFD

$$q_r = \phi q_u = \phi (c * N_{cm} + \gamma_s * D_f * N_{qm})$$

$\phi$  = Factores de resistencia para el estado límite de resistencia geotécnica para cimentaciones poco profundas

$$\phi = 0.60$$

Factores de resistencia para el estado límite de resistencia geotécnica para cimentaciones poco profundas.

**Tabla 74**

*Factor de resistencia de suelo para método LRFD*

MÉTODO / SUELO / CONDICIÓN		RESISTENCIA <sup>(1)</sup> FACTOR
Capacidad de Carga	Arena	
	• Procedimiento semiempírico utilizando datos SPT.	0.45
	• Procedimiento semiempírico utilizando datos de CPT	0.55
	• Método racional usando $\phi_r$ de:	
	- Datos SPT	0.35
	- Datos de CPT	0.45
	Arcilla	
	• Procedimiento semiempírico utilizando datos de CPT	0.50
	• Método racional usando $S_u$ de:	
	- Pruebas de laboratorio (UU Triaxial)	0.60
- Pruebas de cizalla de paletas de campo	0.60	
- Datos de CPT	0.50	
Roca: procedimiento semiempírico	0.60	
Prueba de carga de placa	0.55	

\*Cálculo factores de modificación de carga Método de Meyerhoff

**Ecuación 13 Capacidad portante Meyerhoff**

$$N_{cm} = N_c * S_c * d_c$$

$$N_{qm} = N_y * S_y * d_y$$

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

$$N_q = 18.40$$

**Factor de capacidad de apoyo**

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_y = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

$$Nc = 30$$

$$Ny = 15.67$$

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

$$Kp = 3.00$$

### Factor de forma

\* Para ángulos mayores a 10°

$$Sc = 1 + 0.2 * Kp * \frac{B}{L}$$

$$Sy = 1 + 0.1 * Kp * \frac{B}{L}$$

$$Sc = 1.16$$

$$Sy = 1.08$$

### Factor de profundidad

$$dc = 1 + 0.2 * \sqrt{Kp} * \frac{Df}{B}$$

$$dy = 1 + 0.1 * \sqrt{Kp} * \frac{Df}{B}$$

$$dc = 1.35$$

$$dy = 1.17$$

$$qr = 23871.19 > \gamma q = 18346.82 \quad \text{Si Cumple}$$

### Verificación deslizamiento

$$Qr = \phi_r Qr$$

Donde:

$$\phi_r = 0.85$$

$$\gamma q_{\text{máx}} = \frac{V_{\text{tot}}}{B} + \left[6 * V_{\text{tot}} * \frac{eb}{B^2}\right]$$

$$\gamma q_{\text{mín}} = \frac{V_{\text{tot}}}{B} - \left[6 * V_{\text{tot}} * \frac{eb}{B^2}\right]$$

$$Qr = \frac{1}{2} \left( \frac{\gamma q_{\text{máx}} + \gamma q_{\text{mín}}}{2} \right) B$$

Factores de resistencia para el estado límite de resistencia geotécnica para cimentaciones poco profundas.

### Tabla 75

Factor de resistencia de suelo para método LRFD

MÉTODO / SUELO / CONDICIÓN		RESISTENCIA <sup>(1)</sup> FACTOR
Deslizante y Pasivo Presión	Prefabricado de hormigón sobre arena utilizando $\phi_r$ de: - Datos SPT - Datos de CPT	0.90 0.90
	Hormigón colado en el lugar sobre arena usando $\phi_r$ de: - Datos SPT - Datos de CPT	0.80 0.80
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigón prefabricado o colado en el sitio en una subbase de arena de 150 mm de espesor sobre arcilla donde <math>S_u &lt; 0.5 \sigma_n</math></li> <li>Usando resistencia al corte (<math>S_u</math>) medida a partir de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas de laboratorio (UU Triaxial)</li> <li>- Pruebas de cizalla de paletas de campo</li> <li>- Datos CPT</li> </ul> </li> <li>Hormigón prefabricado o colado en el sitio en una subbase de arena de 150 mm de espesor sobre arcilla donde <math>S_u &gt; 0.5 \sigma_n</math></li> </ul>	0.85 0.85 0.80 0.85
	Suelo en el suelo	1.00
	Componente de presión pasiva de resistencia al deslizamiento	0.50
	Estabilidad general	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los parámetros geotécnicos están bien definidos y la pendiente ni admite/contiene una estructura</li> <li>Los parámetros geotécnicos se basan en datos limitados, o la pendiente soporta/contiene una estructura</li> </ul>

Nota. Tomado de (National Highway Institute, 2001)

**Tabla 76**

*Verificación de deslizamiento de muro voladizo LRFD Optimizado*

Grupo	$\gamma_{q\max}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{q\min}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{q\max}/2$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Q_r$ (kg)	$\phi_r Q_r$ (kg)	$H_{tot}$ (kg)	$\phi_r Q_r >$ $H_{tot}$
Fuerza I-a	18324.46	6308.80	9162.23	22477.85	19106.17	17157.16	SI CUMPLE
Fuerza I-b	19813.27	11714.51	9906.64	28769.10	24453.73	17157.16	SI CUMPLE
Fuerza IV	14104.38	17418.03	7052.19	28764.20	24449.57	13243.09	SI CUMPLE
Servicio I	13282.46	11957.31	6641.23	23031.29	19576.59	11065.34	SI CUMPLE

### Presiones de contacto con el suelo

$$\sigma_{\max} = 19,813.27 \frac{Kg}{m^2} = 1.98 Kg/cm^2 \quad \text{Si cumple}$$

$$\sigma_{min} = 11,714.51 \frac{Kg}{m^2} = 1.17 Kg/cm^2 \quad \text{Si cumple}$$

**\* Por un metro de influencia**

$$\sigma_{máx} = 198.13 kg/cm$$

$$\sigma_{min} = 117.15 kg/cm$$

**Diseño estructural pantalla**

**Diseño de fuste h = 5.50 m**

**Empuje Horizontal**

**Tabla 77**

*Cálculo empuje horizontal y momentos en fuste de muro voladizo LRFD*

*Optimizado*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta P_{lsh}$	$Ka * heq * \gamma_s * H * \cos \varphi$	2,050.23	2.75	5,638.12
$P_{ah}$	$\gamma_s * \frac{1}{2} * Ka * H^2 * \cos \varphi$	7,418.58	1.83	13,600.73
PHT		9,468.81		19,238.86

### Acero principal y distribución

**Tabla 78**
*Cálculo Acero principal y distribución en fuste de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	30,267.82	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	3/4	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.91	cm
Área de varilla	$A_v$	2.84	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	40	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	11.80	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	11.80	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_v}{A_s}$	22.50	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45 \text{ cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	2.78	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b_1 \quad b_1 = 0.85$	3.27	cm
Relación	$C/d$	0.08	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset_t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_{vt}}{A_{s\text{mín}}}$	17.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 79**
*Verificación corte en fuste muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	14,715.77	kg
Cortante resistente	$V_c = \emptyset 0.53 \sqrt{f_c b d}$	26113.4609	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

**Diseño a 2/3 de h = 3.67 m**
**Empuje Horizontal**
**Tabla 80**
*Cálculo empuje horizontal y momentos a 2/3 de la pantalla de muro voladizo*
*LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta P_{lsh}$	$Ka * heq * \gamma_s * H * \cos \varphi$	1,366.82	1.83	2,505.83
$P_{ah}$	$\gamma_s * \frac{1}{2} * Ka * H^2 * \cos \varphi$	3,297.15	1.22	4,029.85
PHT		4,663.97		6,535.68

**Acero principal y distribución**
**Tabla 81**
*Cálculo Acero principal y distribución a 2/3 de altura de pantalla de muro voladizo*
*LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	10,429.98	kg*m
Acero principal seleccionado	$\varnothing$	5/8	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.59	cm
Área de varilla	$A_v$	2	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	30	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\varnothing f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	5.96	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	5.4	cm <sup>2</sup>

Acero elegido	$A_s$	5.96	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_v}{A_s}$	32.50	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	1.40	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b1 \quad b1 = 0.85$	1.65	cm
Relación	$C/d$	0.05	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_{vt}}{A_{smín}}$	22.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 82**

*Verificación corte a 2/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	7,337.65	kg
Cortante resistente	$V_c = \emptyset 0.53 \sqrt{f_c b d}$	19585.09567	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

**Diseño a 1/3 de h**                      **h = 1.83 m**

### Empuje Horizontal

**Tabla 83**

*Cálculo empuje horizontal y momentos a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
$\Delta P_{lsh}$	$K_a * h e q * \gamma_s * H * \cos \varphi$	683.41	0.92	626.46
$P_{ah}$	$\gamma_s * \frac{1}{2} * K_a * H^2 * \cos \varphi$	824.29	0.61	503.73
PHT		1,507.70		1,130.19

**Acero principal y distribución**
**Tabla 84**
*Cálculo Acero principal y distribución a 1/3 de altura de pantalla de muro voladizo*
*LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento último	$M_u = 1.75 \Delta P_{lsh} + 1.50 P_{ah}$	1,851.90	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	1/2	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.27	cm
Área de varilla	$A_v$	1.29	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h - r$	20	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	2.49	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * d$	3.6	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	3.60	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_v}{A_s}$	35.00	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	0.85	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b_1 \quad b_1 = 0.85$	1.00	cm
Relación	$C/d$	0.05	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset_t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_{vt}}{A_{s\text{mín}}}$	35.00	cm

## Verificación por corte

**Tabla 85**

*Verificación corte a 1/3 de la pantalla de muro voladizo LRFD Optimizado*

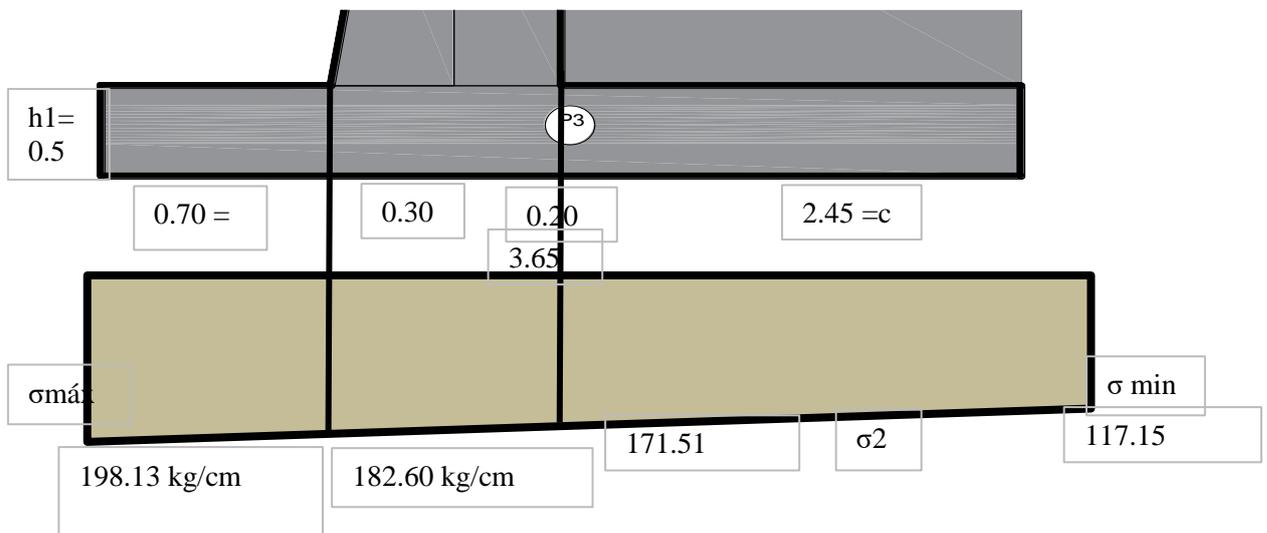
Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante ultimo	$V_u = 1.75 \Delta P l_{sh} + 1.50 P_{ah}$	2,432.40	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c} b d$	13056.73045	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

## Diseño estructural cimentación

### Diseño de punta

**Figura 12:**

Presiones en la punta del muro voladizo LRFD Optimizado



### Cálculo de acero de punta

**Tabla 86**
*Cálculo Acero en la Punta de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento por peso punta	$M_{pp}$	294.00	kg*m
Momento último	$M_u = \left[ \left( \frac{\sigma_{\max} * a^2}{2} + \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_1) * a^2}{3} \right) - 1.25M_{pp} \right]$	4,740.44	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	5/8	pulg
Diámetro de varilla	$D_v$	1.59	cm
Área de varilla	$A_v$	2	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h_1 - r$	40	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	3.16	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\min} = 0.0018 * b * d$	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	7.20	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_v}{A_s}$	27.50	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45\text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	1.69	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b_1 \quad b_1 = 0.85$	1.99	cm
Relación	$C/d$	0.05	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset_t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100A_{vt}}{A_{s\min}}$	17.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 87**
*Verificación corte en la punta de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante peso punta	$V_p = a h_1 \gamma_c$	840.00	kg
Cortante actuante ultimo	$V_u = \left( \frac{\sigma_{\max} + \sigma_1}{2} * a \right) - 1.25V_p$	12,275.67	kg
Cortante resistente	$V_c = \emptyset 0.53 \sqrt{f_c} b d$	26113.46	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

**Diseño de talón**
**Cálculo acero talón**
**Tabla 88**
*Cálculo acero en el talón de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Momento por sobrecarga	$M_s = 1.75 Pl_{sv} + 1.75 \Delta Pl_{sv}$	10751.57	kg*m
Momento por peso relleno	$M_{pr} = 1.35 P_v + 1.50 P_{av}$	53934.79	kg*m
Momento por peso talón	$1.25 M_{pt}$	4501.88	kg*m
Momento último	$M_u = \left[ - \left( \frac{\sigma_{\min} * c^2}{2} + \frac{(\sigma_2 - \sigma_{\min}) * c^2}{3} + M_{pt} + M_{pr} \right) + M_s \right]$	28591.65	kg*m
Acero principal seleccionado	$\emptyset$	3/4	pulg
Diametro de varilla	$D_v$	1.91	cm
Área de varilla	$A_v$	2.84	cm <sup>2</sup>
Peralte efectivo	$d = h_1 - r$	40	cm
Área de acero requerida	$A_s = \left[ 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7 M_u * 10^2}{\emptyset f_c b d^2}} \right] \frac{f_c b d}{f_y}$	20.10	cm <sup>2</sup>
Área de acero mínimo	$A_{s\min} = 0.0018 * b * d$	7.2	cm <sup>2</sup>
Acero elegido	$A_s$	20.10	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_v}{A_s}$	12.50	cm
Verificación espaciamiento	$S_p < 45 \text{cm}$	CONFORME	
Profundidad bloque compresión	$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$	4.73	cm
Profundidad eje neutro	$C = a/b_1 \quad b_1 = 0.85$	5.56	cm
Relacion	$C/d$	0.14	adm
Verificación sección	$C/d \leq 0.42$	CONFORME	
Acero distribución seleccionado	$\emptyset_t$	1/2	pulg
Área de varilla	$A_{vt}$	1.29	cm <sup>2</sup>
Espaciamiento	$S_p = \frac{100 A_{vt}}{A_{s\min}}$	17.50	cm

### Verificación por corte

**Tabla 89**

*Verificación corte en el talón de muro voladizo LRFD Optimizado*

Descripción	Fórmula	Valor	Unidad
Cortante actuante sobrecarga	$V_s = 1.75 P_{lsv} + 1.75 \Delta P_{lsv}$	8,776.79	kg
Cortante actuante relleno	$V_{pr} = 1.35 P_v + 1.50 P_{av}$	44,028.40	kg
Cortante actuante peso talón	$V_t = (c h_1 \gamma_c) 1.25$	3,675.00	kg
Cortante actuante ultimo	$V_u = \left( - \left( \frac{\sigma^2 + \sigma_{mín}}{2} \right) * c + V_{pr} + V_t \right) + V_s$	21,120.36	kg
Cortante resistente	$V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c b d}$	26113.46	kg
Verificación	$V_c > V_u$	CONFORME	

## ASD METRADO

### Metrado concreto armado

**Tabla 90**

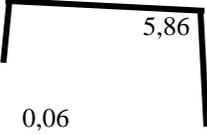
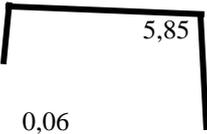
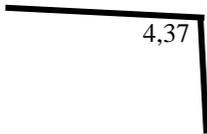
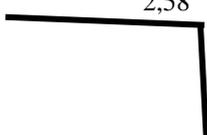
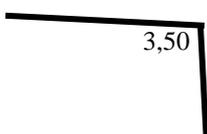
*Cálculo de metrado de concreto armado de muro voladizo ASD*

DESCRIPCIÓN	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	PARCIAL (m <sup>3</sup> )
FIGURA P1	5.50	0.20	1.00	1.10
FIGURA P2	5.50	0.30	1.00	0.83
FIGURA P3	3.70	0.50	1.00	1.85
<b>TOTAL</b>				
(m <sup>3</sup> )				<b>3.78</b>

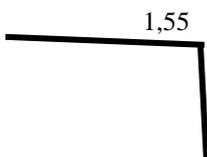
### Metrado acero

**Tabla 91**

*Cálculo de metrado de acero de muro voladizo ASD*

DESCRIPCIÓN	N° VECES	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	FACTOR	PARCIAL (kg)
	4,00	6,17	1/2	0,994	24,53
	4,00	6,16	1/2	0,994	24,49
	6,00	4,67	5/8	1,552	43,49
	7,00	2,93	3/4	2,235	45,84
	10,00	3,80	3/4	2,235	84,93

0,30

	4,00	1,85	5/8	1,552	11,48
	83,00	1,00	1/2	0,994	82,50
<b>TOTAL (kg)</b>					<b>317,27</b>

**Costo concreto F'C = 210 Kg/cm<sup>2</sup>**
**Tabla 92**
*Cálculo del costo de concreto de muro voladizo ASD*

<b>Rendimiento</b>	<b>m3/DIA</b>	<b>MO</b>	<b>22,00</b>	<b>EQ.</b>	<b>22,00</b>	<b>Costo directo por m3:</b>	<b>315,60</b>
<b>Mano de Obra</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
OPERARIO	hh	1,0000	0,3636	21,17	7,70		
OFICIAL	hh	1,0000	0,3636	16,51	6,00		
PEÓN	hh	8,0000	2,9091	14,8	43,05		
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	1,0000	0,3636	21,87	7,95		
					Total	<b>64,71</b>	
<b>Materiales</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
ARENA GRUESA	m3		0,5200	50,85	26,44		
AGUA	m3		0,1860	5,93	1,10		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9,7300	19,07	185,55		
AGREGADO GRUESO	m3		0,5300	46,61	24,70		
					Total	<b>237,80</b>	
<b>Equipos</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,0000	64,71	1,94		
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25	hm	1,0000	0,3636	12,15	4,42		
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1,0000	0,3636	18,5	6,73		

---



---

 Total **13,09**


---

**Costo acero de refuerzo**
**Tabla 93**
*Cálculo de acero de refuerzo en muro voladizo ASD*

<b>Rendimiento m3/DIA MO</b>	<b>300,00 EQ.</b>	<b>300,00</b>	<b>Costo directo por m3:</b>	<b>4,18</b>	
<b>Mano de Obra</b>					
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
OPERARIO	hh	1,0000	0,0267	21,17	0,56
OFICIAL	hh	1,0000	0,0267	16,51	0,44
				<b>Total</b>	<b>1,00</b>
<b>Materiales</b>					
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO Nº16	m3		0,0700	3,9	0,27
ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2 G-60	m3		1,0700	2,68	2,87
				<b>Total</b>	<b>3,14</b>
<b>Equipos</b>					
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,0000	1,00	0,03
				<b>Total</b>	<b>0,03</b>

**Presupuesto**
**Tabla 94**
*Cálculo de presupuesto de muro voladizo ASD*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>METRADO</b>	<b>COSTO</b>	<b>PARCIAL</b>
CONCRETO F'C=210 KG/CM2	M3	3,78	315,60	1191,37
ACERO DE REFUERZO	KG	317,27	4,18	1324,77
			<b>TOTAL</b>	<b>2516,14</b>

## LRFD Metrado

### Metrado concreto armado

**Tabla 95**

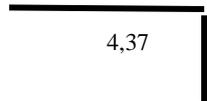
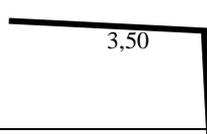
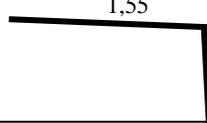
*Cálculo de metrado de concreto armado de muro voladizo LRFD*

DESCRIPCIÓN	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	PARCIAL (m <sup>3</sup> )
FIGURA P1	5,50	0,20	1,00	1,10
FIGURA P2	5,50	0,30	1,00	0,83
FIGURA P3	3,70	0,50	1,00	1,85
<b>TOTAL</b>				
(m <sup>3</sup> )				<b>3,78</b>

### Metrado acero

**Tabla 96**

*Cálculo de metrado de acero de muro voladizo LRFD*

DESCRIPCIÓN	Nº VECES	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	FACTOR	PARCIAL (kg)
	4,00	6,17	1/2	0,994	24,53
	4,00	6,16	1/2	0,994	24,49
	4,00	4,67	5/8	1,552	28,99
	5,00	2,93	3/4	2,235	32,74
	9,00	3,80	3/4	2,235	76,44
	4,00	1,85	5/8	1,552	11,48
	83,00	1,00	1/2	0,994	82,50

TOTAL (kg) 281,18

Costo concreto F'C = 2010 Kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 97**

*Cálculo del costo de concreto de muro voladizo LRFD*

Rendimiento m3/DIA MO 22,00 EQ. 22,00 Costo directo por m3: 315,60

**Mano de Obra**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
OPERARIO	hh	1,0000	0,3636	21,17	7,70
OFICIAL	hh	1,0000	0,3636	16,51	6,00
PEÓN	hh	8,0000	2,9091	14,8	43,05
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	1,0000	0,3636	21,87	7,95
Total					<b>64,71</b>

**Materiales**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
ARENA GRUESA	m3		0,5200	50,85	26,44
AGUA	m3		0,1860	5,93	1,10
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9,7300	19,07	185,55
AGREGADO GRUESO	m3		0,5300	46,61	24,70
Total					<b>237,80</b>

**Equipos**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,0000	64,71	1,94
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25	hm	1,0000	0,3636	12,15	4,42
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1,0000	0,3636	18,5	6,73
Total					<b>13,09</b>

## Costo acero de refuerzo

**Tabla 98**

*Cálculo de acero de refuerzo en muro voladizo LRFD*

<b>Rendimiento</b>	<b>m3/DIA</b>	<b>MO</b>	<b>300,00</b>	<b>EQ.</b>	<b>300,00</b>	<b>Costo directo por m3:</b>	<b>4,18</b>
<b>Mano de Obra</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
OPERARIO	hh	1,0000	0,0267	21,17	0,56		
OFICIAL	hh	1,0000	0,0267	16,51	0,44		
					<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
<b>Materiales</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°16	m3		0,0700	3,9	0,27		
ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2 G-60	m3		1,0700	2,68	2,87		
					<b>Total</b>	<b>3,14</b>	
<b>Equipos</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3,0000	1,00	0,03		
					<b>Total</b>	<b>0,03</b>	

## Presupuesto

**Tabla 99**

*Cálculo de presupuesto de muro voladizo LRFD*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>METRADO</b>	<b>COSTO</b>	<b>PARCIAL</b>
CONCRETO F'C=210 KG/CM2	M3	3,78	315,60	1191,37
ACERO DE REFUERZO	KG	281,18	4,18	1174,09
			<b>TOTAL</b>	<b>2365,46</b>

## LRFD Optimizado Metrado

### Metrado concreto armado

**Tabla 100**

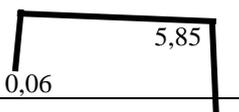
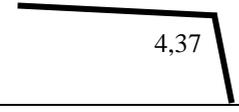
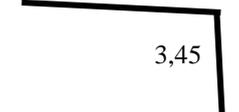
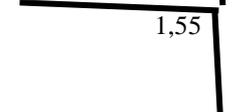
*Cálculo de metrado de concreto armado de muro voladizo LRFD Optimizado*

DESCRIPCIÓN	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	PARCIAL (m3)
FIGURA P1	5,50	0,20	1,00	1,10
FIGURA P2	5,50	0,30	1,00	0,83
FIGURA P3	3,65	0,50	1,00	1,83
<b>TOTAL (m3)</b>				<b>3,75</b>

### Metrado acero

**Tabla 101**

*Cálculo de metrado de acero de muro voladizo LRFD Optimizado*

DESCRIPCIÓN	N° VECES	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	FACTOR	PARCIAL (kg)
	4,00	6,17	1/2	0,994	24,53
	4,00	6,16	1/2	0,994	24,49
	4,00	4,67	5/8	1,552	28,99
	5,00	2,93	3/4	2,235	32,74
	9,00	3,75	3/4	2,235	75,43
	4,00	1,85	5/8	1,552	11,48
	83,00	1,00	1/2	0,994	82,50
<b>TOTAL (kg)</b>					<b>280,18</b>

**Costo concreto F'C = 210 Kg/cm<sup>2</sup>**
**Tabla 102**
*Cálculo del costo de concreto de muro voladizo LRFD Optimizado*

<b>Rendimiento</b>	<b>m3/DIA</b>	<b>MO</b>	<b>22,00</b>	<b>EQ.</b>	<b>22,00</b>	<b>Costo directo por m3:</b>	<b>315,60</b>
<b>Mano de Obra</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
OPERARIO	hh	1,0000	0,3636	21,17	7,70		
OFICIAL	hh	1,0000	0,3636	16,51	6,00		
PEÓN	hh	8,0000	2,9091	14,8	43,05		
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	hh	1,0000	0,3636	21,87	7,95		
					<b>Total</b>	<b>64,71</b>	
<b>Materiales</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
ARENA GRUESA	m3		0,5200	50,85	26,44		
AGUA	m3		0,1860	5,93	1,10		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9,7300	19,07	185,55		
AGREGADO GRUESO	m3		0,5300	46,61	24,70		
					<b>Total</b>	<b>237,80</b>	
<b>Equipos</b>							
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,0000	64,71	1,94		
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25	hm	1,0000	0,3636	12,15	4,42		
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1,0000	0,3636	18,5	6,73		
					<b>Total</b>	<b>13,09</b>	

## Costo acero de refuerzo

**Tabla 103**

*Cálculo de acero de refuerzo en muro voladizo LRFD Optimizado*

Rendimiento m3/DIA	MO	300,00	EQ.	300,00	Costo directo por m3:	4,18
<b>Mano de Obra</b>						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
OPERARIO	hh	1,0000	0,0267	21,17	0,56	
OFICIAL	hh	1,0000	0,0267	16,51	0,44	
					Total	<b>1,00</b>
<b>Materiales</b>						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°16	m3		0,0700	3,9	0,27	
ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2 G-60	m3		1,0700	2,68	2,87	
					Total	<b>3,14</b>
<b>Equipos</b>						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,0000	1,00	0,03	
					Total	<b>0,03</b>

## Presupuesto

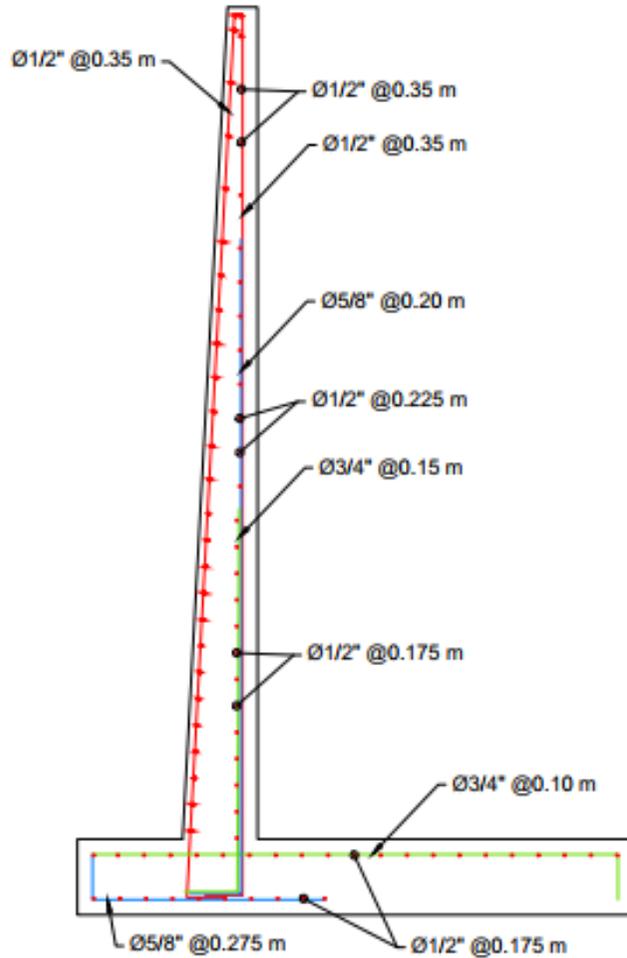
**Tabla 104**

*Cálculo de presupuesto de muro voladizo LRFD Optimizado*

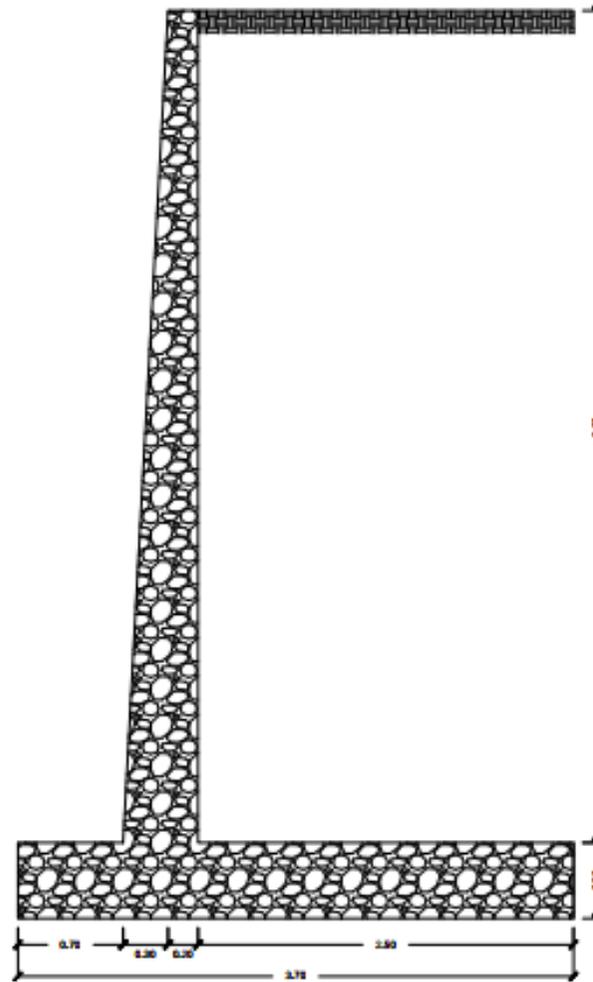
DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	COSTO	PARCIAL
CONCRETO F'C=210 KG/CM2	M3	3,75	315,60	1183,48
ACERO DE REFUERZO	KG	280,18	4,18	1169,89
			<b>TOTAL</b>	<b>2353,37</b>

### **ANEXO N° 3. PLANOS MURO DE CONTECIÓN EN VOLADIZO**

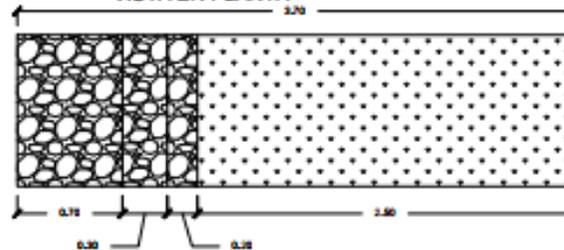
### ARMADURA EN MURO DE CONTENCIÓN



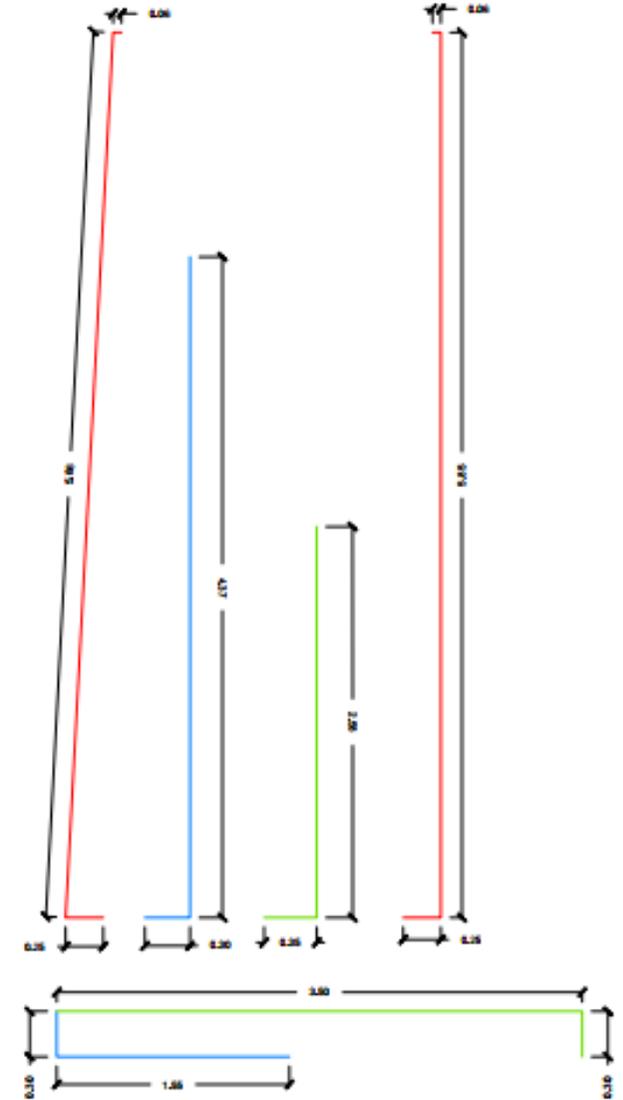
### VISTA PERFIL



### VISTA EN PLANTA



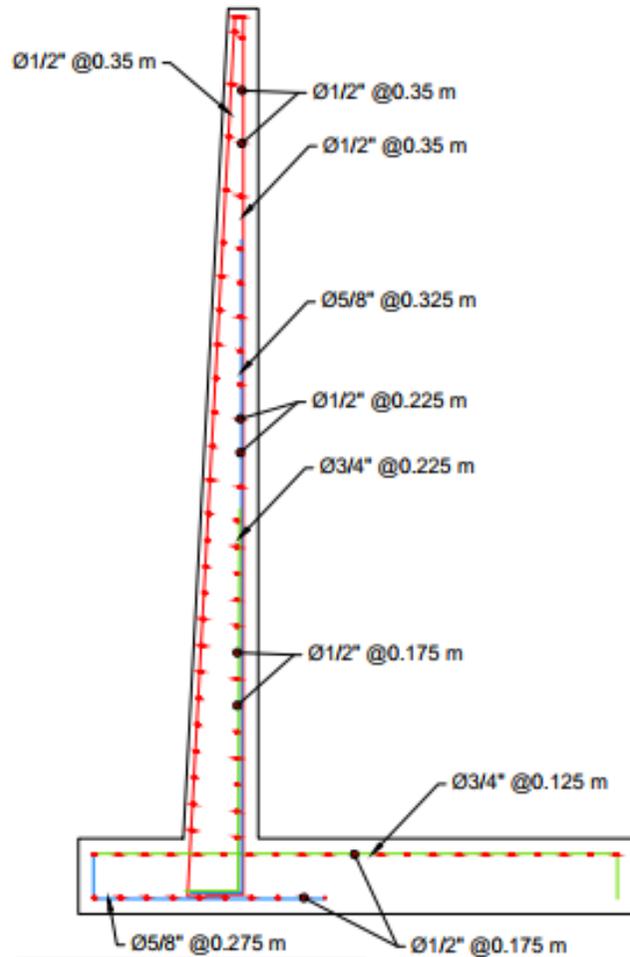
### DESPIECE DE ACEROS



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
CONCRETO	
ZAPATA Y PANTALLA	PC <sub>40</sub> 210 KG/CM <sup>2</sup>
ACERO	FY <sub>420</sub> 4200 KG/CM <sup>2</sup>
RECURRIMIENTOS	
ZAPATA Y PANTALLA	• 10 CM
CONSIDERACIONES GEOTECNICAS	
PESO LINEAL DEL SUELO	• 2000 KG/M <sup>2</sup>
FRICCIÓN BASE	• 0.4000
ÁNGULO INCLINACIÓN DE TERRENO	• 0°
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	• 30°
ÁNGULO INTERFASE TRAZADOS	• 20°
ÁNGULO PUESTO-TERRENO	• 90°
CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO	• 2 KG/CM <sup>2</sup>
SOBRICARGA	• 2000 KG/M <sup>2</sup>

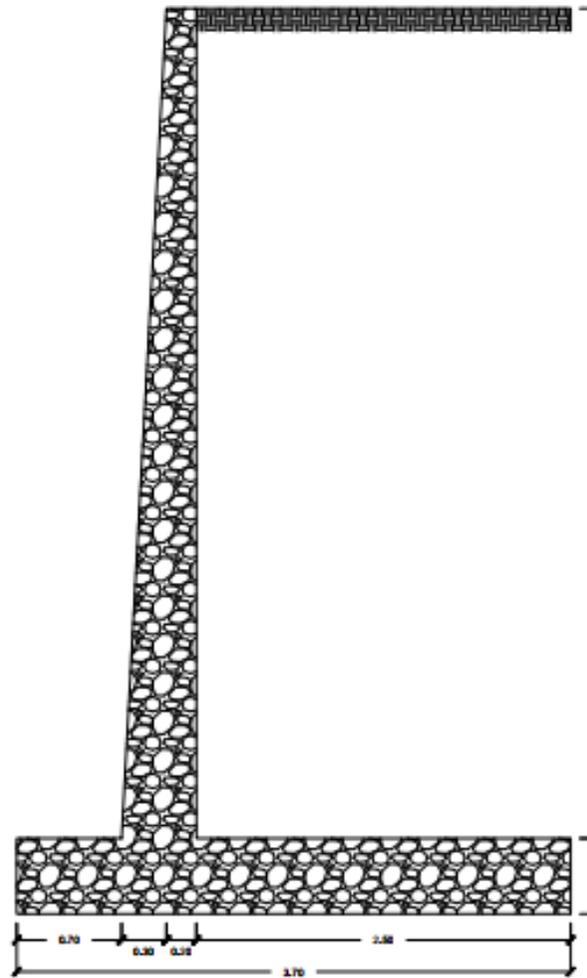
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
	FACULTAD DE INGENIERÍA- CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
	PLANO: DISEÑO ASD	ESC: 1/50
	ASISOR: Ing. Anita Elisabet Alva Samiento	FECHA: Junio del 2021
TÍTULO: Cabanillas Hualpa Luis Eduardo	LÁMINA: E-01	
TEMA: "ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO UTILIZANDOS LOS MÉTODOS ASD Y LRFD"		

ARMADURA EN MURO DE CONTECIÓN

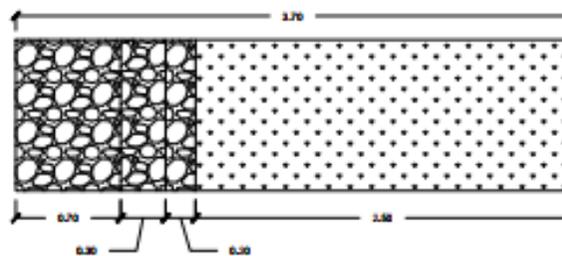


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
<b>CONCRETO</b>		
ZAPATA Y PANTALLA	FCa	218 KG/CM <sup>2</sup>
ACERO	FYa	4200 KG/CM <sup>2</sup>
<b>RECUBRIMIENTOS</b>		
ZAPATA Y PANTALLA	*	10 CM
<b>CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS</b>		
PESO UNITARIO DEL SUELO	*	2000 KG/M <sup>3</sup>
FRICCIÓN BASE	*	0.6000
ÁNGULO INCLINACIÓN DE TERRENO	*	0°
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	*	30°
ÁNGULO INTERFASE TRASDOS	*	20°
ÁNGULO FLESI-TERRENO	*	90°
CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO	*	2 KG/CM <sup>2</sup>
SOBRICARGA	*	2000 KG/M <sup>2</sup>

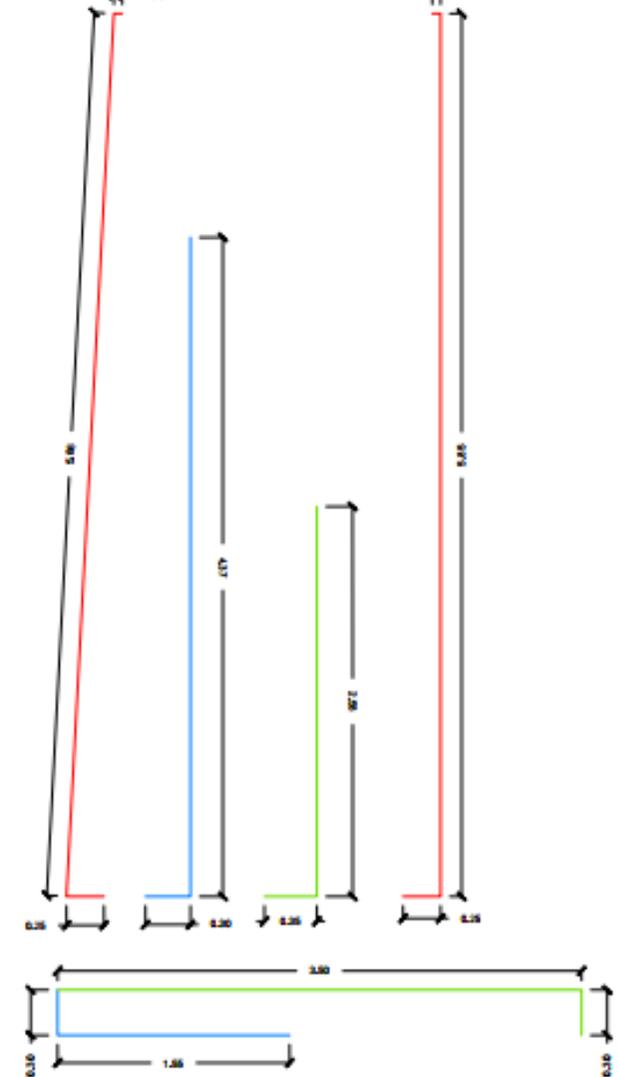
VISTA PERFIL



VISTA EN PLANTA

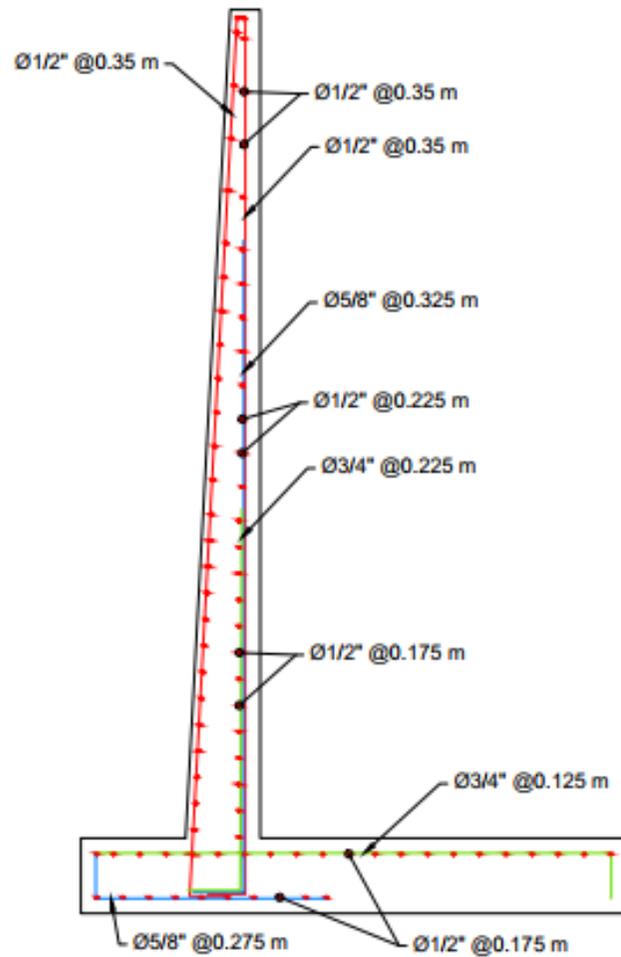


DESPIECE DE ACEROS



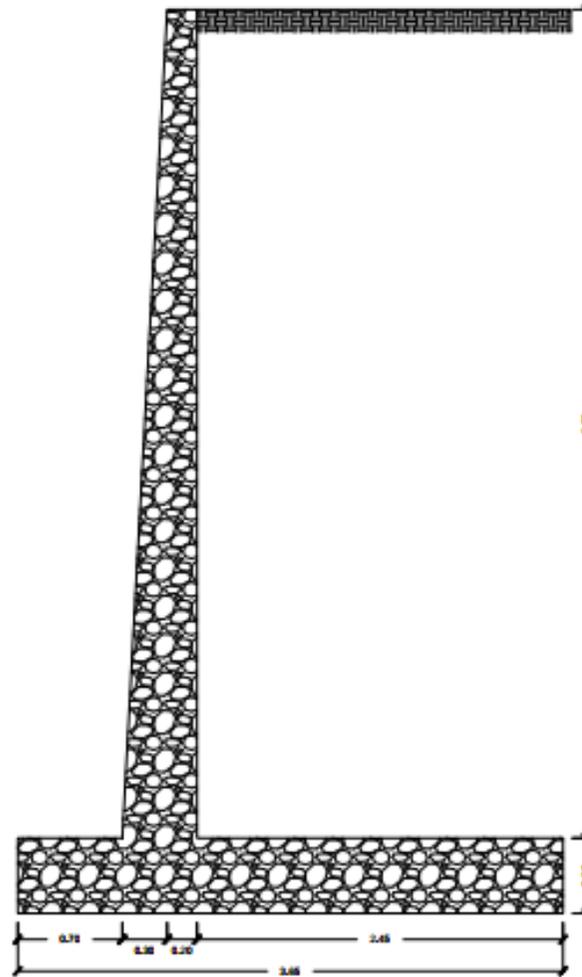
<p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA- CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
	PLANO: DISEÑO URFD	ESC: 1/50
	ASISOR: Ing. Anita Elisabet Alva Sarmiento	FECHA: Junio del 2021
	TITULAR: Cabanillas Huapla Luis Eduardo	LÁMINA:
	TÍTULO: "ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTECIÓN EN VOLADIZO UTILIZANDOS LOS MÉTODOS ASO Y URFD"	
		E-02

### ARMADURA EN MURO DE CONTECIÓN

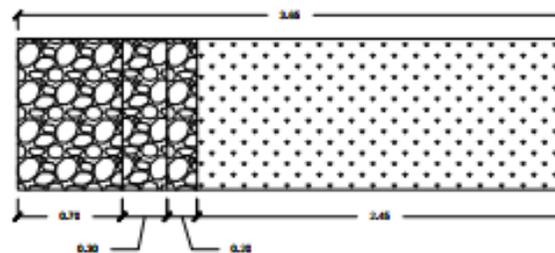


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
CONCRETO		
ZARXA Y PANTALLA	PC <sub>4</sub>	210 KG/CM <sup>2</sup>
ACERO	F1 <sub>4</sub>	4200 KG/CM <sup>2</sup>
RECUBRIMIENTOS		
ZARXA Y PANTALLA	*	10 CM
CONSIDERACIONES GEOTECNICAS		
PESO UNITARIO DEL SUELO	*	2000 KG/M <sup>3</sup>
FRACCIÓN BASE	*	0.600
ÁNGULO INCLINACIÓN DE TERRENO	*	0°
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	*	30°
ÁNGULO INTERFASE TRASDOS	*	20°
ÁNGULO FUSTI-TERRENO	*	90°
CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO	*	2 KG/CM <sup>2</sup>
SOBRICARGA	*	2000 KG/M <sup>2</sup>

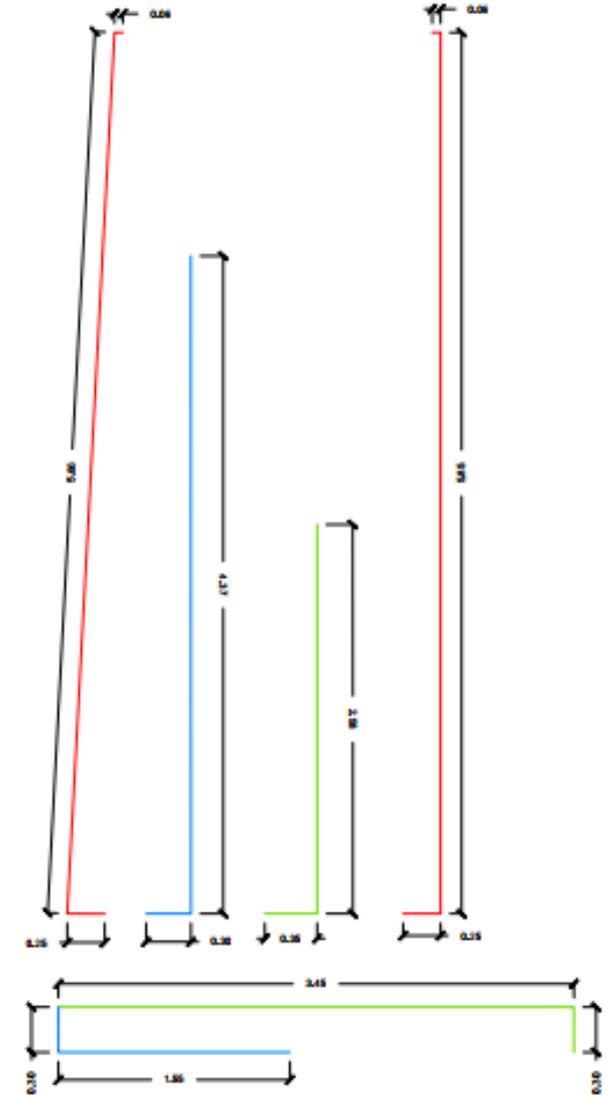
### VISTA PERFIL



### VISTA EN PLANTA



### DESPIECE DE ACEROS



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA- CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PLANO: DISEÑO URFD OPTIMIZADO

ESC: U/50

ASISOR: Ing. Arleta Elisabet Alva Sarmiento

FECHA: Junio del 2021

REGISTRO: Cabanillas Hualpa Luis Eduardo

LAMINA:

TITULO: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTECIÓN EN VOLADIZO UTILIZANDOS LOS MÉTODOS ASD Y LRFD

E-03