

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PERFIL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE  
EMBARQUE DE CONCENTRADO DE COBRE CHICAMA  
DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE DE ACCESO Y MUELLE**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**WALTER ELMER VENTURA AURORA**

**Lima- Perú**

**2011**

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a **DIOS** y a toda mi familia porque a pesar de no ser perfecto, **ELLOS** nunca me han abandonado y me han dado su apoyo de manera incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer especialmente a mis padres Aurelina Aurora Rodríguez y Laurencio Ventura Rodríguez por confiar en mí y darme su apoyo incondicional, apoyo sin el cual ningún esfuerzo mío hubiese sido suficiente.

Agradecer especialmente también a todos mis maestros en mi etapa de formación profesional en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Agradezco también a la Institución que representa la UNI como pilar y base de la ingeniería en el Perú.

Finalmente agradezco también a todas aquellas personas que de alguna u otra manera han contribuido a la realización de este trabajo, el cual ha sido un camino en soledad rodeado de muchas compañías.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN,</b>	3
<b>LISTA DE CUADROS,</b>	4
<b>LISTA DE FIGURAS,</b>	4
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS;</b>	4
<b>INTRODUCCIÓN</b>	6
<b>CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO</b>	7
1.1 UBICACIÓN DEL PERFIL	7
1.2 OBJETIVOS DEL PERFIL	8
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	9
<b>CAPÍTULO II: ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS</b>	10
2.1 CLIMA	10
2.2 VIENTO	10
2.3 BATIMETRÍA	12
2.4 MAREAS	13
2.5 OLEAJE	15
2.6 CORRIENTES	16
<b>CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELOS</b>	19
3.1 DESCRIPCIÓN Y GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA	19
3.2 PRUEBAS Y MUESTRAS DE CAMPO	19
3.3 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DEL SUELO DE FUNDACIÓN	20
<b>CAPÍTULO IV: MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO</b>	21
4.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO	21
4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO	21
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA	22
4.4 MATERIALES	23
<b>CAPÍTULO V: GENERALIDADES DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL Y DISEÑO</b>	24



<b>5.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS CÁLCULOS ESTRUCTURALES</b>	<b>24</b>
5.1.1 Cargas consideradas	25
5.1.2 Estructuración	26
<b>CAPÍTULO VI: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE Y MUELLE</b>	<b>28</b>
<b>6.1 CARGAS</b>	<b>28</b>
6.1.1 Cargas de sismo	28
6.1.2 Carga de viento	31
6.1.3 Cargas de acoderamiento de la nave de diseño	33
<b>6.2 DISEÑO DE DEFENSAS DEL MUELLE</b>	<b>50</b>
<b>6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES</b>	<b>56</b>
<b>6.4 CAPACIDAD PORTANTE DE LOS PILOTES</b>	<b>57</b>
<b>6.5 PLANOS ESTRUCTURALES DE DISEÑO</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>61</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

En la actualidad el embarcadero de Chicama no es apto para atender naves de tamaño apropiado que permitan exportar grandes cantidades de concentrado de cobre según registra la demanda, por tanto se requiere un puerto especializado para dicho fin.

Las naves de diseño del muelle de Chicama no cumplen con las capacidades necesarias y sus profundidades operativas están en el orden inferior a los 6 m, además la resistencia estructural del muelle está diseñada de acuerdo con la masa de dichas naves, por lo que no es suficiente para la exportación del mineral de cobre. Además la zona es de pendiente muy suave, alcanzando la profundidad requerida para la exportación de concentrado de cobre a distancias inviables.

El análisis para determinar la nave de diseño según la demanda de concentrado de cobre nos ha determinado una nave de diseño de 30,000 DWT, que tiene un calado completo de 11 m y requiere un muelle con una profundidad operativa de 13 m y resistencia estructural de acuerdo a la masa de la nave y a las solicitaciones sísmicas, de viento y operacionales que esta demande.

Por lo expuesto se concluye que una alternativa de infraestructura portuaria viable para atender la demanda establecida en el presente proyecto, se ubica en las cercanías del Cerro Malabrigo, debido a la profundidad en dicha zona.

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 6.01.</b> Características de la defensa marina “Súper Cell” de Bridgestone – SUC 1250H.	55
---	----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 1.01.</b> Ubicación del Departamento de La Libertad en el Mapa Político del Perú.	7
<b>Fig. 1.02.</b> Ubicación de la Provincia de Ascope y Distrito de Rázuri.	8
<b>Fig. 1.03.</b> Cerro Malabrigo y propuesta de ubicación de Almacén, Puente y Muelle y Oficinas Administrativas.	9
<b>Fig. 2.04.</b> Rosa de los Vientos. Estación Mar Brava – La Perla. Diciembre, 1971 – Enero, 1972.	11
<b>Fig. 2.05.</b> Principales parámetros de la marea.	13
<b>Fig. 2.06.</b> Mareas que inciden sobre la Costa Peruana.	14
<b>Fig. 2.07.</b> Zona costera afectada por el oleaje.	15
<b>Fig. 2.08.</b> Patrón de corrientes superficiales en la región.	18
<b>Fig. 4.09.</b> Características del Almacén, Puente y Muelle, Rompeolas y Oficinas Administrativas.	22
<b>Fig. 6.10.</b> Distribución de cargas para camión de diseño HS20-44.	35

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

<b>Vh</b>	Velocidad de diseño en la altura h en Km/hr.
<b>h</b>	Altura de la estructura sobre el terreno en metros.
<b>V</b>	Velocidad de diseño hasta una altura de 10m en Km/hr.
<b>C</b>	Factor de forma adimensional.
<b>Z</b>	Factor de zona.
<b>U</b>	Factor de uso e importancia.

- S** Factor de Suelo.
- C** Coeficiente de Amplificación sísmica.
- R** Coeficiente de reducción de sollicitación sísmica.
- P** Peso total de la Edificación.
- T** Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico.
- Sa** Aceleración espectral.
- W** Tonelaje de desplazamiento.
- L** Eslora
- B** Manga
- H** Calado completo.
- V** Velocidad de atraque.
- $\theta$**  Ángulo de atraque.
- P** Punto de atraque.
- E** Energía de atraque efectiva.
- W1** Tonelaje de desplazamiento.
- W2** Peso adicional.
- g** Aceleración de la gravedad (9.81m/s<sup>2</sup>).
- K** Factor de excentricidad (aplicado solo para la fórmula I).
- $C_M$**  Factor de masa.
- $C_E$**  Factor de excentricidad (aplicado para la fórmula II).
- $C_S$**  Factor de suavidad.
- $C_C$**  Factor de reflexión hidrodinámica o de configuración.
- $\rho$**  Peso específico del agua de mar (1.025Tn/m<sup>3</sup>)
- l** Distancia de la línea paralela al muelle, medida desde el punto de contacto o de atraque al centro de gravedad del barco.
- r** Radio de giro alrededor del eje vertical que pasa a través del centro de gravedad sobre el plano horizontal hacia el punto de contacto del barco.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la infraestructura portuaria del departamento de la Libertad está constituida de la siguiente manera: Un puerto marítimo (Salaverry, con descarga directa). Pacasmayo, Huanchaco y Chicama son embarcaderos del litoral, de pesca artesanal.

El concentrado de cobre proveniente de la producción minera de los departamentos de Ancash, Huánuco, Cajamarca y La Libertad se exportan a través del Puerto de Salaverry, teniendo una carencia en la infraestructura para la exportación, generando como consecuencia el incremento de los costos para la exportación de dicho concentrado. La actual infraestructura portuaria de Salaverry no permitirá cubrir el incremento de la demanda de exportación de concentrado.

Por tal motivo se plantea la construcción de un puerto de embarque de concentrado de cobre en Chicama, de tal manera que sea una alternativa al puerto de Salaverry, satisfaciendo el incremento de la demanda de concentrado para la exportación.

Es así que el presente informe tiene como tema de interés el análisis y diseño estructural de una de las partes más importantes de la infraestructura portuaria a construir, como son el Puente de Acceso y el Muelle de Embarque. Para lograr dicho fin se ha contado con la ayuda de un programa de análisis y diseño estructural llamado SAP2000 en su versión 14.0.0, considerando todas las solicitaciones de carga que dichas estructuras demanden como son las cargas sísmicas, cargas de viento, cargas vivas y muertas, cargas operacionales y cargas de acoderamiento de la nave de diseño. Además se ha contemplado el diseño de las defensas marinas para el muelle de embarque de concentrado.

## CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

### 1.1 UBICACIÓN DEL PERFIL

La ubicación para la “Construcción del Puerto de Embarque de Concentrados de Cobre en Chicama” se encuentra en:

Distrito: Rázuri,

Provincia: Ascope,

Departamento: La Libertad.

Coordenadas WGS-84:

- Longitud: 79°27'53”
- Latitud: 7°42'46”

Altura promedio: 25 metros sobre el nivel del mar (msnm).

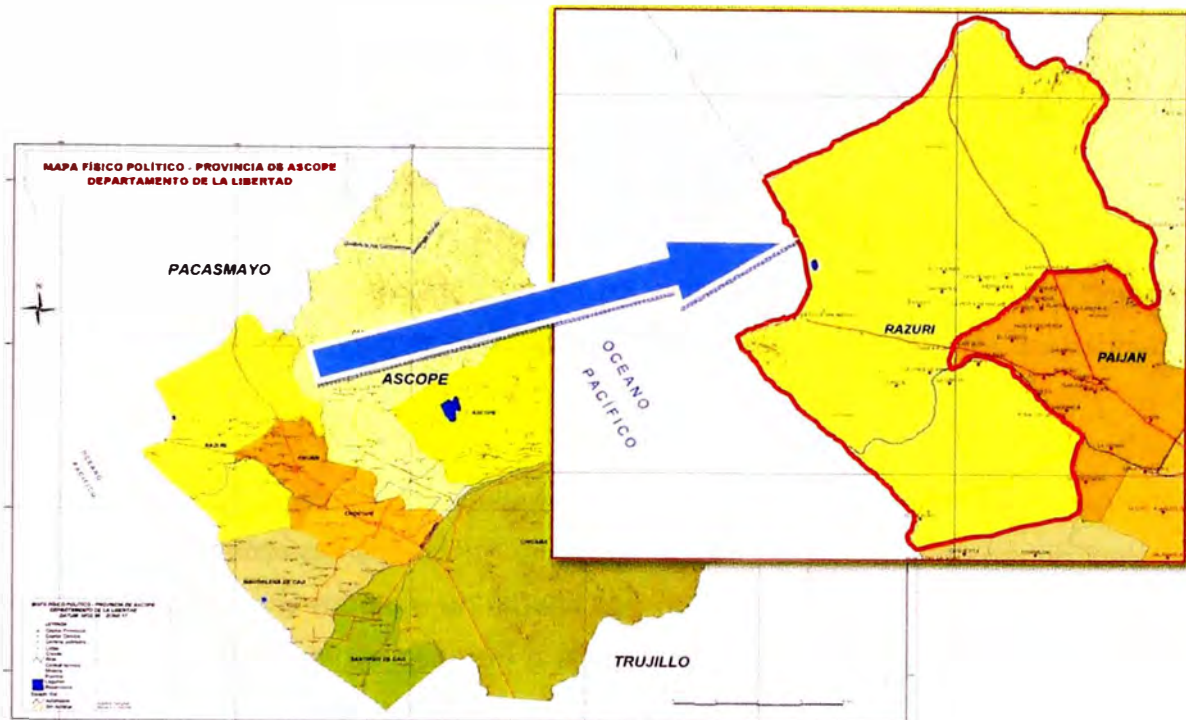
El Embarcadero está unido a la carretera Panamericana por medio de un ramal de 16 kilómetros de largo. En la figura 1.01 se puede apreciar la ubicación del departamento de La Libertad dentro del mapa político del Perú.

*Fig. 1.01. Ubicación del Departamento de La Libertad en el Mapa Político del Perú.*



*Fuente. Internet - Google Maps.*

Fig. 1.02. Ubicación de la Provincia de Ascope y Distrito de Rázuri.



Fuente. Internet - Google Maps.

## 1.2 OBJETIVOS DEL PERFIL

### 1.2.1 Objetivo general:

Determinar una propuesta de solución a la necesidad de establecer una nueva infraestructura portuaria ubicada en Chicama, que permita ser una alternativa ante la actual y futura demanda para la exportación de mineral de concentrado de cobre.

### 1.2.2 Objetivos específicos:

Construir una nueva infraestructura portuaria especializada para la exportación de mineral de concentrado de cobre, para atender la futura demanda.

Proyectar la zona norte del país como un polo de desarrollo económico de tal manera de elevar el nivel de vida de los pobladores en la zona de influencia de emplazamiento del puerto.



Dentro de la nueva infraestructura portuaria en la zona de mar, el Puente de Acceso y el Muelle, son componentes fundamentales y su diseño estructural es el tema de interés del presente informe.

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL

El embarcadero existente en Chicama no fue concebido o diseñado para la exportación de mineral, por lo que no es apto para atender naves de tamaño conveniente que permitan la exportación de la futura demanda de concentrado de cobre.

El análisis para determinar la nave de diseño según la demanda de concentrado de cobre ha determinado una nave de 30,000 DWT, que tiene un calado completo de 11 m y requiere un muelle con una profundidad operativa de 13 m y resistencia estructural de acuerdo a la masa de la nave y demás solicitaciones de carga que su diseño demande.

Por lo expuesto se concluye que una alternativa viable para atender la demanda futura de exportación de mineral de cobre, se ubica en las cercanías del Cerro Malabrigo, debido al talud de playa mas escarpado en dicha zona, que permita alcanzar la profundidad requerida a una distancia razonable. En la figura 1.03 se muestra la zona de emplazamiento de la infraestructura portuaria planteada.

*Fig. 1.03. Cerro Malabrigo y propuesta de ubicación de Almacén, Puente y Muelle y Oficinas Administrativas.*



*Fuente. Archivo fotográfico del autor.*



## **CAPÍTULO II: ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS**

### **2.1 CLIMA**

La zona costera y la andina de La Libertad tienen estaciones climáticas opuestas simultáneamente. La franja costera del departamento tiene un clima cálido y soleado durante buena parte del año. Su temperatura promedio oscila entre los 20 °C y 21 °C y en verano (enero a marzo) supera los 30 °C. En invierno, entre los meses de junio y agosto, las pequeñas garúas humedecen la campiña de la costa. Cabe resaltar que en Trujillo, ciudad capital, el clima es más húmedo y frío durante gran parte del año. Garúas y neblina son fenómenos diarios en invierno y otoño. Estos cambios climáticos en la ciudad se deben al violento cambio, de desierto a zonas de cultivo, en el ámbito de Chavimochic, también la contaminación es un factor importante.

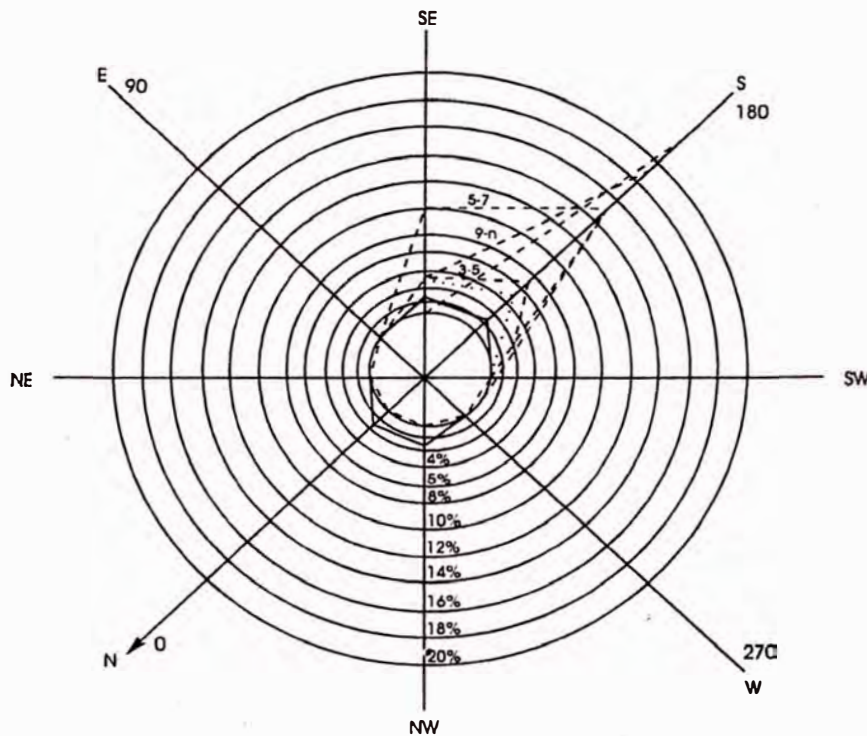
### **2.2 VIENTO**

De todos los factores que afectan a los puertos y sus operaciones, el viento es el considerado el más significativo, ya que afecta la entrada y salida de las embarcaciones al puerto, las maniobras de atraque. Esto es particularmente verdadero cuando se tiene grandes embarcaciones, zarpando alto en la condición de lastrado, embarcaciones de contenedores y grandes balsas, todos con grandes áreas expuestas al viento.

Casi todos los lugares en el mundo están sujetos a lo que se denominan vientos predominantes; esto es, un viento soplando en una dirección general en el ámbito de una mayor porción del año. Los vientos predominantes no son necesariamente los vientos más fuertes. Muy frecuentemente, los vientos de mayor intensidad, pero que ocurren menos frecuentemente, vienen de otras direcciones.

La dirección, frecuencia e intensidad de los vientos promedio en un lugar en particular, sobre un periodo de tiempo, están representados gráficamente por el diagrama de los vientos reinantes (Rosa de Vientos), el cual se aprecia en la figura 2.04. Este diagrama indica la frecuencia en porcentaje de vientos de una fuerza dada a una dirección dada, para un determinado mes, estación, año, etc.

**Fig. 2.04.** Rosa de los Vientos. Estación Mar Brava – La Perla. Diciembre, 1971 – Enero, 1972.



**Fuente.** Tomada del libro de Ingeniería Portuaria, Ing. Cesar Fuentes Ortiz.

Se debe resaltar el hecho de que estos vientos no son constantes, pero soplan en ráfagas. La fuerza de un viento es clasificada de acuerdo con la escala de Beaufort.

En la mayoría de las regiones, los datos de los vientos están disponibles, y las cargas de estos sobre las estructuras son especificadas por los códigos de edificaciones locales.

Los vientos muy fuertes pueden afectar el nivel de agua en los puertos, elevando o disminuyendo el nivel del mar sustancialmente en cuestión de pocas horas.

Por lo general, los meteorólogos consideran una colección de datos mayor o igual a 30 años, para ser suficiente y llegar a un promedio representativo.

En muchos casos prácticos, sin embargo, los datos tomados por 30 años no son convenientes, requiriéndose periodos más cortos de datos.

Los datos de observación de un periodo de 3 años pueden dar una información adecuada, mientras que una colección de datos de un año está en un mínimo absoluto.

Para el presente informe se ha utilizado el Mapa Eólico del Perú, a fin de determinar la velocidad del viento en la zona de estudio y determinar las cargas de viento que se generan tanto en el Puente de Acceso como en el Muelle de Embarque.

### **2.3 BATIMETRÍA**

La batimetría es conocida como el levantamiento "topográfico" bajo el nivel del mar; es decir, es el sistema de medición de las profundidades del mar en diferentes puntos, el cual permitirá conocer el relieve del fondo marino.

La representación del fondo marino en el plano batimétrico, al igual que los topográficos, se obtienen mediante curvas de nivel conocidas con el nombre de curvas batimétricas o veriles.

Para la determinación de las curvas batimétricas se requiere que para cada punto tomado en el mar se determine tanto su ubicación como su cota (altura).

La medición directa de la profundidad tendrá que ser referidas al nivel medio del mar o también pueden ser referidas al nivel de bajas mareas; esto último es lo más usado.

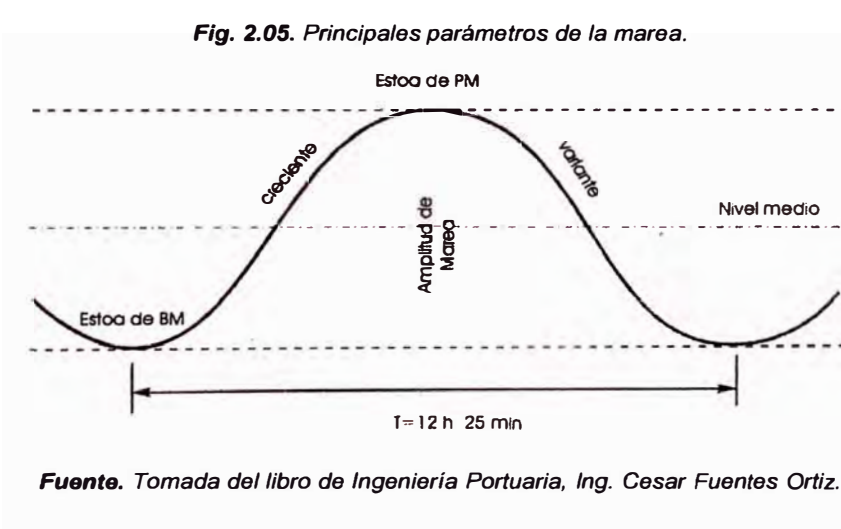
Para el presente informe se ha tomado como referencia el plano batimétrico del Puerto Malabrigo, preparado y publicado por la Dirección de Hidrografía y Navegación del Perú. En el Anexo VII se muestra una imagen referencial del mencionado plano batimétrico.

## 2.4 MAREAS

Las mareas son movimientos de ascenso y descenso periódico del nivel de aguas oceánicas producidas por las atracciones gravitatorias que ejercen los astros, principalmente el Sol y la Luna.

El movimiento de ascenso del nivel se denomina "flujo o creciente", y el de descenso, "reflujo o vaciante". El nivel más alto alcanzado recibe el nombre de "pleamar", y el más bajo, "bajamar". La diferencia de altura entre la pleamar y la bajamar constituye la "amplitud o altura de marea".

El nivel permanece constante durante cierto tiempo, tanto en la pleamar como en la bajamar; dicho intervalo se denomina "estoa de marea". Los principales parámetros de la marea son indicados en la figura 2.05.

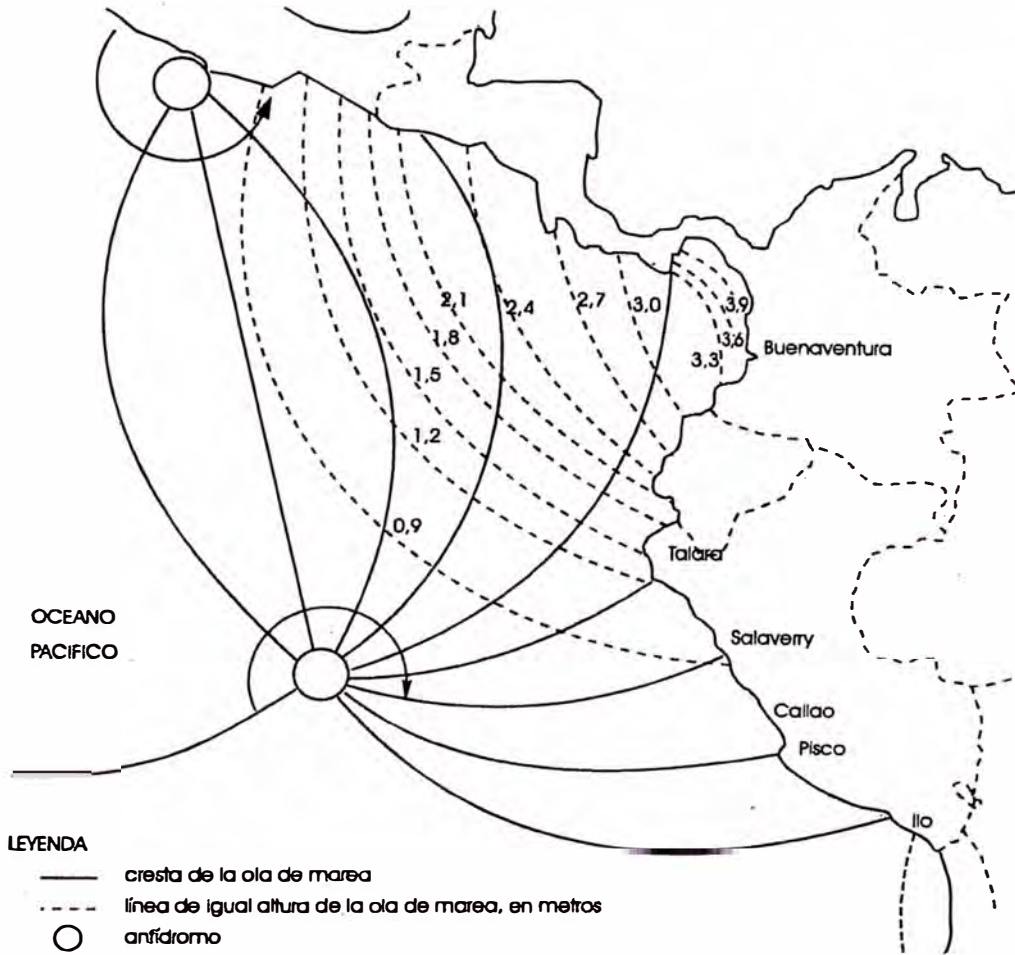


Dado que el tiempo que demora la Luna en dar la vuelta alrededor de la Tierra es de 29 días 12 horas (lunación); entonces cada 14 días 18 horas se producirán mareas vivas, y entre ellas, las mareas muertas. El promedio de bajamares y pleamares durante una lunación nos da aproximadamente el nivel medio del mar.

Las olas de mareas que llegan a la Costa del Perú son originadas en el mar alrededor del Polo Sur, y de allí viajan hacia el Norte. Acercándose a las costas de Centro América, las olas giran a la derecha alrededor de un punto, conocido

como Punto Anfídromo o Anfidrómico, debido a la influencia de la fuerza de Coriolis y las distintas profundidades del mar. Esto se puede ver en la fig. 2.06.

**Fig. 2.06.** Mareas que inciden sobre la Costa Peruana.



**Fuente.** Tomada del libro de Ingeniería Portuaria, Ing. Cesar Fuentes Ortiz.

Debido a la geometría de la costa, en forma de embudo en Centro América, se produce un aumento considerable en las alturas de las olas de marea hasta unos 4 metros cerca de la costa de Panamá.

También, de acuerdo con la fig. 2.06, las crestas de las olas de mareas llegan a la costa de Talara y de allí parten en dirección sur. Al norte de Talara la dirección de propagación es invertida; es decir, hacia el norte.

La amplitud de la ola de marea disminuye lentamente hacia el sur. La ola de marea necesita unas 4 ó 5 horas para su viaje de Talara a Ilo, lo que significa una velocidad de propagación alrededor de 350 km-h.



## 2.5 OLEAJE

En la zona costera, uno de los fenómenos marinos que son evidentes al sentido de la vista, es el oleaje. Este fenómeno es generado por el esfuerzo del viento sobre la superficie del mar, al transferirse momento (masa por velocidad) en la interfase aire-mar.

El oleaje suele generarse en una región alejada de la costa la cual se nombra como zona de fetch, donde el viento suele soplar desde varias horas hasta varios días. Desde la frontera de esa zona, el oleaje se propaga hacia la costa, en grupos de "trenes de onda" de forma sinusoidal, caracterizados por crestas-valles ó máximos-mínimos, variando desde 0.5 m hasta 3 m ó más de amplitud. Estos suelen separarse por una distancia conocida como longitud de onda, la cual fluctúa desde varios metros hasta miles de kilómetros. Temporalmente, el oleaje suele presentar períodos de 2 a 15 segundos, medidos en dos crestas ó dos valles sucesivos y desde un punto de referencia fijo, por ejemplo la playa. En la figura 2.07 se puede apreciar una zona costera afectada por el oleaje.

*Fig. 2.07. Zona costera afectada por el oleaje.*



*Fuente. Internet – Google Maps.*

El oleaje suele desarrollar una estructura vertical, asociada a su estructura sinusoidal superficial, en las zonas de crestas (máximas elevaciones) se detectan velocidades horizontales máximas y en correlación con la dirección en que las olas se están propagando. En cambio en los valles (mínimas elevaciones) las velocidades horizontales son mínimas, y en dirección opuesta a la propagación del tren de ondas. Agrupando las variaciones de la velocidad respecto a su estructura sinusoidal, y las proyectamos verticalmente, estas muestran un perfil vertical de trayectorias orbitales "cerradas", en el caso de que el fondo sea plano.

Cuando el tren de olas es encaminado a arribar a la zona de la costa con un cierto ángulo por la variación del contorno topográfico de la playa, el tren de olas, suele presentar un gradiente de alturas, que por conservación de masa, genera una corriente paralela a la costa, la cual es nombrada como corriente litoral. Esta corriente litoral, suele tener un papel fundamental en la dinámica de las playas, al transportar arena desde una localidad a otra. O bien porque al interacción con el oleaje incrementa los procesos de mezcla en la zona costera, los cuales influyen en la dispersión de contaminantes o manchas de sedimentos.

## **2.6 CORRIENTES**

A diferencia de las olas, las corrientes marinas no constituyen un fenómeno de carácter periódico, dado que son movimientos de arrastre o traslación de una gran masa de agua que se presentan en diferentes profundidades del mar.

Entre los factores que originan las corrientes podemos mencionar: la acción de los vientos sobre la superficie del agua, el movimiento de rotación de la Tierra, la diferencia de temperatura y salinidad de las aguas del mar, la diferencia de densidades de las masas de agua en contacto, el rompimiento de las olas, la sobre elevación del nivel medio del mar, la influencia del fondo marino y la topografía de la costa entre otros.

En el campo de la ingeniería portuaria se da mayor importancia a las corrientes que se presentan cercanas a la costa, debido a que ellas afectan

considerablemente a la construcción y operación de las estructuras que se proyectan.

Las corrientes marinas pueden alterar el movimiento de las embarcaciones, así como socavar y erosionar el suelo donde se fijan las estructuras.

Las características de las corrientes marinas están definidas principalmente por la dirección o rumbo de la corriente, y la deriva o velocidad diaria expresada en nudos o millas por hora.

En el mar peruano incursionan varias corrientes marinas, de las cuales cabe destacar: La Corriente Peruana y la Corriente del Niño, las cuales se describen a continuación:

- **Corriente Peruana**

Llamada también Corriente de Humboldt, forma parte del gran movimiento circulatorio de las aguas del Pacífico Sur. Esta corriente de aguas frías (15 a 20 grados centígrados) recorre nuestro litoral de Sur a Norte, a una velocidad de 28 km / día. Tiene un ancho promedio que varía entre 185 y 370 km, según sea verano o invierno, respectivamente.

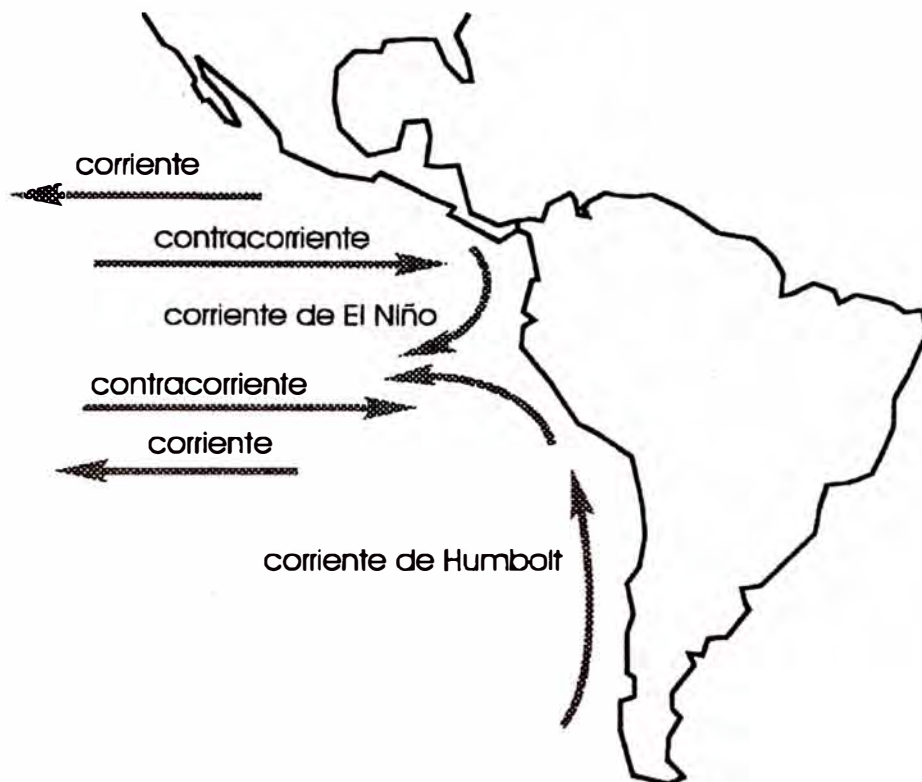
- **Corriente de El Niño**

Esta corriente de aguas templadas (24 a 28 grados centígrados), procede del Golfo de Guayaquil, llega hasta las costas de Piura y ejerce su influencia en el extremo norte del Perú, recorriendo sus costas de norte a sur.

Cuando la Corriente del Niño ingresa a la costa norte del Perú, la temperatura del mar aumenta y se produce una mayor evaporación de las aguas marinas. Esta evaporación al llegar a la cordillera precipita en forma de lluvia y sus aguas van a dar a los ríos, provocando un aumento considerable de su caudal y produciendo desbordes e inundaciones en la zona. A estos eventos extremos se les denomina el Fenómeno del Niño. En la figura 2.08 se aprecia el patrón de corrientes superficiales en la región donde se ubica el Perú.



Fig. 2.08. Patrón de corrientes superficiales en la región



Fuente. Tomada del libro de Ingeniería Portuaria, Ing. Cesar Fuentes Ortiz.

## **CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELOS**

### **3.1 DESCRIPCIÓN Y GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA**

El fin de los estudios de suelos es el de establecer los criterios adecuados para la cimentación del Puente de Acceso y Muelle para la exportación de concentrado de cobre, ubicados en la zona costera del distrito de Rázuri en la provincia de Ascope, departamento de La Libertad al norte del Perú.

Los criterios a establecer en los estudios de suelos para los fines antes descritos son los siguientes:

- Que el coeficiente de seguridad de estas cimentaciones con respecto a una rotura por falla de resistencia al esfuerzo cortante en el suelo tenga un valor adecuado y mayor que la presión de contacto.
- Que las deformaciones provocadas en la estructura por efecto de asentamiento diferencial no sea demasiado grande a fin de no producir daños irreparables en ella para no superar el valor adoptado por la deformación favorable.

### **3.2 PRUEBAS Y MUESTRAS DE CAMPO**

Para la elaboración del presente informe no se cuenta con el estudio de suelos de la zona de emplazamiento del Puente de Acceso y Muelle, pero las pruebas recomendadas para dicho estudio son las siguientes:

- Realizar perforaciones siguiendo la metodología de exploración por lavado con recuperación de muestra continua en la parte superior de la tubería, el cual consiste en la perforación del subsuelo combinando la inyección de agua a través de una bomba, con capacidad de hasta 80m de profundidad.

- Pruebas de ensayo in situ que consisten en Ensayos de Penetración Standard (SPT) con recuperación de muestras y el ensayo del cono dinámico.

Se recomienda que se hagan muestreos continuos para los tres primeros metros y luego a intervalos de 1.50m o a cada cambio de estrato, lo que ocurra primero. Para evitar derrumbamientos de los suelos dentro del pozo, se hace necesario introducir un tubo de revestimiento siguiendo muy de cerca a la punta de perforación.

Finalmente con la información obtenida de las pruebas de campo se construye el perfil estratigráfico y se procede a su análisis.

### 3.3 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Este análisis permite establecer si existe material sedimentario de origen marino o continental u otro material que el resultado del análisis permita concluir.

Como ya se mencionó líneas atrás, por no contar con el Estudio de Suelos para el presente informe, se han asumido parámetros para el suelo en análisis tomando como referencia las características de la costa norte de nuestro país. Los parámetros asumidos son los siguientes:

- **Estrato Superior:**
  - Material: Gravo – arenoso en estado de compacidad suelta a mediana.
  - Peso Unitario Sumergido: 0.85Tn/m<sup>3</sup>.
  - Ángulo de fricción interna:  $\phi = 32^\circ$
  - Cohesión:  $c = 0.05\text{Kg/cm}^2$
- **Estrato Inferior:**
  - Material: Gravo arenoso, arenoso – limoso, en estado de mediana compacidad.
  - Peso Unitario Sumergido: 0.80Tn/m<sup>3</sup>.
  - Ángulo de fricción interna:  $\phi = 34^\circ$  a  $36^\circ$ .
  - Cohesión:  $c = 0.20\text{Kg/cm}^2$

## **CAPÍTULO IV: MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO**

### **4.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **4.1.1 Objetivo General**

Realizar el diseño estructural de un puente de acceso de 490 m y un muelle de 250m de longitud para la exportación de concentrado de cobre para el Nuevo Puerto de Chicama, utilizando como nave de diseño un carguero de 30,000 DWT, que tiene un calado de 11 m y requiere un muelle con una profundidad operativa de 13 m.

#### **4.1.2 Objetivos Específicos**

- Evaluación de los tipos de estructuras para el puente de acceso y muelle, seleccionando la más apropiada para el caso.
- Efectuar el cálculo estructural que permita que la estructura tanto del puente de acceso como del muelle resistan las solicitaciones sísmicas y de servicio.
- Realizar el diseño estructural del puente de acceso y muelle para la exportación de concentrado de cobre por el Nuevo Puerto de Chicama.

### **4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO**

Para satisfacer la demanda de exportación de concentrado de cobre desde las minas ubicadas dentro de su área de influencia, se plantea diseñar un puente de acceso y un muelle, con una profundidad operativa de 13m que permita acoderar directamente las naves para la exportación de concentrado en Chicama.

El proyecto comprende las siguientes partes:

### ❖ Puente de Acceso

El puente de acceso para alcanzar la profundidad de agua requerida; será de 490m de longitud y 7m de ancho de tablero.

### ❖ Muelle

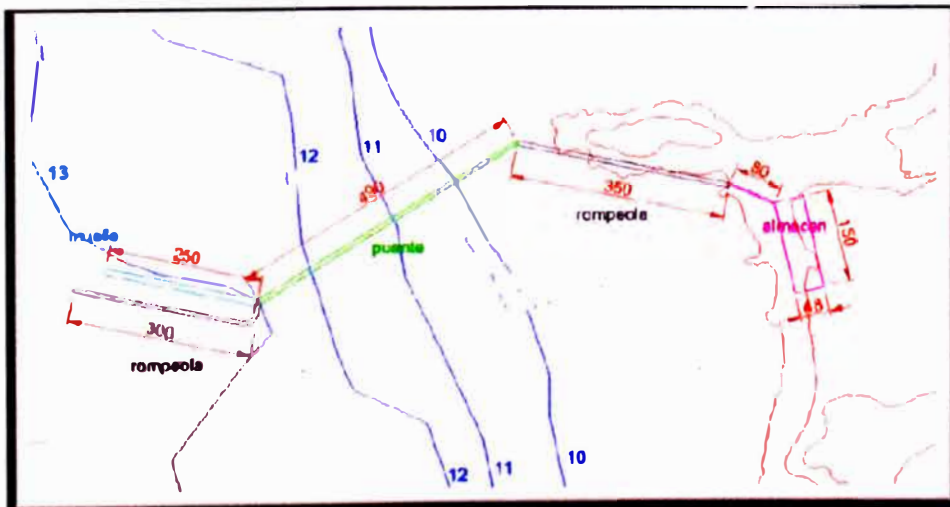
El muelle estará conformado por una plataforma de 250m de longitud y un ancho de 20m y ubicado de tal manera que permita cumplir con el objetivo de facilitar las maniobras de atraque y amarre de los barcos.

## 4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

Dadas las características de la zona en cuanto a viento, clima y oleaje, se ha previsto que el muelle sea construido partiendo desde tierra con un enrocado de acceso de 350m debido a que la geografía de la zona es favorable para la construcción de este, luego continua el puente de acceso para finalmente llegar al muelle de embarque de concentrado de cobre.

Los pilotes, vigas longitudinales, vigas transversales y tableros serán de concreto armado, diseñadas de tal manera que resistan las solicitaciones de servicio y también las solicitaciones de fuerzas externas como son las de sismo, viento y de acoderamiento de la nave o barco de diseño. En la figura 4.09 se aprecia las características del proyecto.

*Fig. 4.09. Características del Almacén, Puente y Muelle, Rompeolas y Oficinas Administrativas.*



*Fuente. Elaboración propia del autor.*

## 4.4 MATERIALES

Como ya se mencionó líneas atrás, todos los elementos estructurales del puente de acceso y muelle serán de concreto armado. Los materiales para dichos elementos tendrán las siguientes características:

- **Concreto**

- Resistencia:  $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$
- Peso Específico:  $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$
- Módulo de Elasticidad:  $E_c = 15000 * \sqrt[2]{f'c} \text{ Kg/cm}^2$
- Coeficiente de Poisson:  $\mu = 0.12 \text{ a } 0.20$

- **Acero de Refuerzo Estructural**

- Resistencia:  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \text{ A60}$
- Módulo de Elasticidad:  $E_c = 2'000,000 \text{ Kg/cm}^2$

## **CAPÍTULO V: GENERALIDADES DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL Y DISEÑO**

### **5.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS CÁLCULOS ESTRUCTURALES**

Para realizar los cálculos estructurales tanto del Puente de Acceso como del Muelle, se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Escoger el modelo estructural.
- Determinar cuales son las cargas actuantes sobre la estructura: horizontales, verticales y móviles.
- Calcular los desplazamientos y esfuerzos producidos por las cargas independientemente y en combinaciones en la estructura, lo cual fue efectuado con la ayuda de un programa estructural de análisis y diseño llamado SAP2000 en su versión 14.0.0, el cual puede calcular fuerzas axiales, momentos y fuerzas cortantes tanto en estructuras tridimensionales, como en bidimensionales.

#### ***Del Puente de Acceso***

Para el diseño del puente de acceso de 490 m de longitud, éste fue considerado como un conjunto de pórticos unidos por plataformas (tres dimensiones) y se le sometió a cargas de gravedad y las de sismo con la finalidad de obtener el máximo desplazamiento horizontal en alguno de los pórticos, el cual fue tomado como el más desfavorable.

Con las envolventes de momentos y cortantes obtenidos del análisis tridimensional, se procedería al diseño de cada elemento.

## **Del Muelle**

Al igual que en el puente de acceso el conjunto de pórticos que conforman al muelle, fue primero analizado con la ayuda del programa estructural de análisis y diseño antes mencionado, para el cálculo del desplazamiento máximo como producto de las solicitaciones sísmicas y de otras fuerzas externas como la fuerza de acoderamiento o atraque de la nave o barco de diseño. A diferencia del puente, el muelle está compuesto por pilotes verticales y oblicuos que ayudaran a que las deflexiones originadas por los sismos y otras solicitaciones externas sean menores.

### **5.1.1 Cargas consideradas**

Las cargas consideradas para el análisis han sido las siguientes:

#### **a. Cargas muertas**

PP : Peso propio de los elementos estructurales. Corresponde al peso de vigas, pilotes, losa de concreto armado, enrejados, etc.

##### **• Puente de Acceso**

PP-eq: Peso de equipos importantes presentes sobre el puente, específicamente la correa o faja transportadora CT-1.

MA : Peso del material a transportar. Estará actuando sobre la franja lateral del puente de acceso.

##### **• Muelle**

PP-eq : Peso de equipos importantes presentes sobre el muelle, tales como el cargador de barcos, correas transportadoras, etc.

MA : Peso del material a transportar. Estará actuando sobre la faja distribuidora y el cargador.



### **b. Cargas vivas**

SC : Sobrecarga de uso sobre la losa del puente de acceso o muelle según sea el caso.

Tr : Carga de tráfico del camión HS20-44.

Def : Carga de atraque del barco sobre el panel de defensa.

### **c. Cargas térmicas**

DT: Cargas debidas a la diferencia de temperatura. Para el presente informe esta diferencia se ha considerado de 20°C tanto para el puente de acceso como para el muelle.

### **d. Cargas de viento**

Se ha considerado en el presente informe la dirección de carga de viento más desfavorable entre  $V_x$  y  $V_y$ , perpendiculares entre si y que actúan sobre un mismo plano.

### **e. Cargas sísmicas**

$S_x$  y  $S_y$  : Cargas sísmica en las direcciones longitudinal y transversal.

## **5.1.2 Estructuración**

El presente proyecto portuario fue dividido en dos estructuras (aparte del enrocado): el Puente de Acceso y el Muelle, que tendrían una cierta separación entre sí, a fin de no traspasar sus esfuerzos y deformaciones.

### ***El Puente de Acceso***

Está conformado por 49 tramos separados por losas nervadas cada 10m, apoyadas sobre las vigas transversales de 7m de longitud y pilotes de concreto armado.

Las losas nervadas que unirán a dichos pórticos han sido dimensionadas y calculadas para resistir el peso muerto y la sobrecarga de 1.0 ton/ m<sup>2</sup>.

### ***El Muelle***

Está conformado por 50 tramos separados por losas nervadas cada 5m, apoyadas sobre las vigas transversales de 20m de longitud y pilotes de concreto armado.

Longitudinalmente, tres son los ejes principales en donde se alinean la mayoría de los pilotes a lo largo de sus 250m de longitud a excepción de aquellos inclinados.

Además sobre la estructura del muelle se ha previsto instalar o fijar las defensas marinas del muelle y así menguar la acción de las fuerzas de ataque o acoderamiento de la nave o barco de diseño.

## CAPÍTULO VI: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE Y MUELLE

### 6.1 CARGAS

#### 6.1.1 Cargas de sismo

##### a. Para el Puente de Acceso

Se ha considerado realizar el análisis dinámico para el presente informe con direcciones de carga tanto en la dirección X (SX) como en la dirección Y (SY).

#### **Determinación de Aceleración Espectral - Norma E-030 - 2003**

Aceleración Espectral:

$$S_a = \frac{Z.U.S.C}{R} * g$$

La clasificación de la estructura tanto en el Puente de Acceso como en el Muelle de Embarque es regular debido a que esta guarda la misma estructuración (pórticos de concreto armado) tanto en el eje longitudinal como transversal.

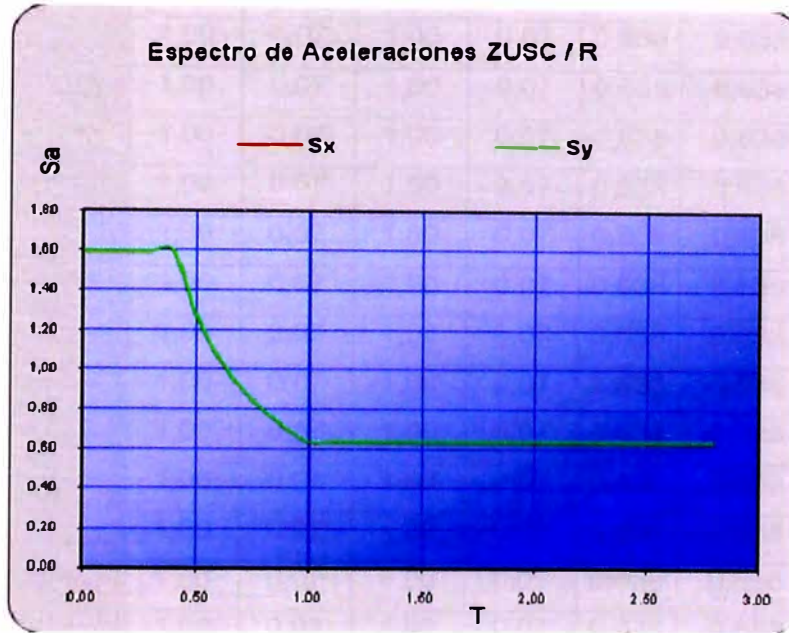
Realizando un cuadro resumen de los parámetros sísmicos:

Parámetros Sísmicos	DIRECCIÓN	
	X	Y
<b>Z</b>	0,4	0,4
<b>U</b>	1,3	1,3
<b>S</b>	1	1
<b>Ts</b>	0.4	0.4
<b>R</b>	8	8
<b>¿ES REGULAR?</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>
<b>R USAR</b>	8	8

Además con la ayuda de las siguientes relaciones:

$$C = 2.5 * \left( \frac{T_s}{T} \right) \leq 2.5 \quad , \quad C/R \geq 0.125$$

Gráficamente se tiene:



Se determina entonces la aceleración espectral calculada tanto en la dirección X como en la dirección Y:

T (Seg.)	X		Y		X	Y
	C <sub>x</sub>	fa	C <sub>y</sub>	fa		
0	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,1	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,2	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,3	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,4	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,5	2,00	0,13	2,00	0,13	1,275	1,275
0,6	1,67	0,11	1,67	0,11	1,063	1,063
0,7	1,43	0,09	1,43	0,09	0,911	0,911
0,8	1,25	0,08	1,25	0,08	0,797	0,797

T (Seg.)	X		Y		X	Y
	C <sub>x</sub>	fa	C <sub>y</sub>	fa	Sa	Sa
0,9	1,11	0,07	1,11	0,07	0,709	0,709
1	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,1	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,2	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,3	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,4	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,5	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,6	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,7	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,8	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,9	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,1	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,2	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,3	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,4	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,5	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,6	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,7	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,8	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638

**b. Para el Muelle**

Similarmente a lo indicado para el Puente de Acceso, se ha considerado realizar el análisis dinámico para el presente informe con direcciones de carga tanto en la dirección X (SX) como en la dirección Y (SY).

La aceleración espectral calculada tanto en la dirección X como en la dirección Y será:

T (Seg.)	X		Y		X	Y
	C <sub>x</sub>	fa	C <sub>y</sub>	fa	Sa	Sa
0	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,1	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,2	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594

T (Seg.)	X		Y		X	Y
	C <sub>x</sub>	fa	C <sub>y</sub>	fa	Sa	Sa
0,3	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,4	2,50	0,16	2,50	0,16	1,594	1,594
0,5	2,00	0,13	2,00	0,13	1,275	1,275
0,6	1,67	0,11	1,67	0,11	1,063	1,063
0,7	1,43	0,09	1,43	0,09	0,911	0,911
0,8	1,25	0,08	1,25	0,08	0,797	0,797
0,9	1,11	0,07	1,11	0,07	0,709	0,709
1	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,1	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,2	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,3	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,4	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,5	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,6	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,7	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,8	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
1,9	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,1	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,2	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,3	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,4	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,5	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,6	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,7	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638
2,8	1,00	0,07	1,00	0,07	0,638	0,638

### 6.1.2 Carga de viento

#### a. Para el Puente de Acceso

Se calcula la velocidad de diseño:

$$V_h = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$



Para este caso se considera:

$h = 4\text{m}$  (respecto al  $\pm 0.00$  metros sobre el nivel del mar)

$V = 95\text{Km/hr}$ , de acuerdo al mapa eólico, adjunta en el Anexo VI, o de vientos en el Perú y que para la zona en estudio adapta dicho valor.

Luego:

$$V_h = 95 * \left(\frac{4}{10}\right)^{0.22} = 77.66 \text{ Km/hr}$$

Entonces se calcula la presión del viento ( $P_h$ ):

$$P_h = 0.0005 * C * V_h^2$$

Ahora:

$$C_{\text{Barlovento}} = +0.8 \rightarrow P_h = 0.0005 * 0.8 * (76.66)^2 = 24.12\text{Kgf/m}^2$$

$$C_{\text{Sotavento}} = -0.6 \rightarrow P_h = 0.0005 * 0.6 * (76.66)^2 = 18.09\text{Kgf/m}^2$$

Finalmente se calculan las cargas de viento:

- Cargas de viento en tablero:

$$V_{y1} = 1.2 * 24.12 = 28.944\text{Kg/m} \rightarrow \text{Delante del tablero.}$$

$$V_{y2} = 1.2 * 18.09 = 21.708\text{Kg/m} \rightarrow \text{Detrás del tablero.}$$

Donde el valor de 1.2m es el peralte estimado de las vigas.

- Cargas de viento en los pilotes:

$$V_{y3} = 0.9 * 24.12 = 21.708\text{Kg/m}$$

Donde el valor de 0.9m es el diámetro estimado de los pilotes.

### **b. Para el Muelle**

Teniendo en cuenta las mismas consideraciones de diseño que se tomó en cuenta para el Puente de Acceso, se tiene:

$$C_{Barlovento} = +0.8 \rightarrow P_h = 0.0005 * 0.8 * (76.66)^2 = 24.12 \text{Kgf/m}^2$$

$$C_{Sotavento} = -0.6 \rightarrow P_h = 0.0005 * 0.6 * (76.66)^2 = 18.09 \text{Kgf/m}^2$$

Finalmente se calculan las cargas de viento:

- Cargas de viento en tablero:

$$V_{y1} = 1.15 * 24.12 = 27.738 \text{Kg/m} \rightarrow \text{Delante del tablero.}$$

$$V_{y2} = 1.15 * 18.09 = 21.708 \text{Kg/m} \rightarrow \text{Detrás del tablero.}$$

Donde el valor de 1.2m es el peralte estimado de las vigas.

- Cargas de viento en los pilotes:

$$V_{y3} = 1.15 * 24.12 = 21.738 \text{Kg/m}$$

Donde el valor de 1.15m es el diámetro estimado de los pilotes.

### 6.1.3 Cargas de acoderamiento de la nave de diseño

Estas cargas solo son consideradas para el Muelle, debido a que sobre esta estructura es donde acoderará o atracará el barco, transmitiendo la fuerza de ataque. Además, para el presente análisis, dicha carga se ha considerado como carga viva.

Conforme a las consideraciones que serán sustentadas en el acápite **6.2 Diseño de las defensas marinas del muelle**, entonces:

$$\text{Energía efectiva de ataque: } E = 40.40 \text{ Tn} - m$$

$$\text{Fuerza de ataque normal: } R = 73.90 \text{ Tn}$$

$$\text{Fuerza de ataque anormal: } Ru = 73.90 * 1.20 = 88.68 \text{ Tn}$$

Luego, es importante que se mencionen otras cargas que se han tenido en cuenta para el presente análisis así como también hacer mención de las combinaciones de carga consideradas y un esquema didáctico de las cargas aplicadas, que a continuación se describen:



## Para el Puente de Acceso

### a. Cargas muertas

- **Peso propio (PP)**

Para el análisis se utilizaron los siguientes valores:

Peso unitario del concreto armado  $\gamma_h = 2.4 \text{ ton/m}^3$

El peso de los elementos modelados es incorporado automáticamente por el programa.

- **Peso equipos (PP-eq)**

Peso componentes mecánicas de la correa CT-1:

Peso equipos:  $P_{peq} = 132 \text{ Kg/m}$ .

Luego, para una longitud de desarrollo de la correa a lo largo de los 490m del puente de acceso y considerando los 50 apoyos que se encuentran sobre los ejes de las vigas transversales, se tiene:

$$DL - Eq = \frac{132 * 490}{50 * 1000} = 1.2936 \text{ Tn/Apoyo}$$

- **Material (MA)**

Peso de material sobre faja:  $280 \text{ Kg/m}$

Luego, se toman las mismas consideraciones tomadas para el peso de equipos, entonces:

$$MA = \frac{280 * 490}{50 * 1000} = 2.744 \text{ Tn/Apoyo}$$

## b. Cargas vivas

### • Sobrecarga (SC)

Se ha utilizado para el análisis una sobrecarga de uso sobre el puente de 1.0 ton/m<sup>2</sup>. Para el análisis sísmico se utilizó el 50% de este valor. Luego se tiene:

#### **Sobrecarga sobre la losa**

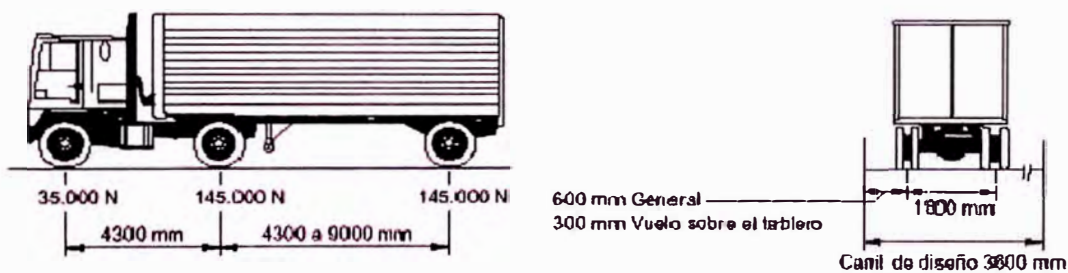
Carga en vigas longitudinales:  $q_{max} = 7/2 \cdot 1 = 3.5 \text{ T/m}$

Carga en vigas transversales:  $q_{max} = 2 \cdot 5 \cdot 1 = 10.0 \text{ T/m}$

### • Carga de tráfico

Se considera el tránsito del camión AASHTO HS20-44, con el esquema de cargas que se muestra la siguiente figura 6.10:

Fig. 6.10. Distribución de cargas para camión de diseño HS20-44.



Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Puentes - MTC.

La acción del camión, se representará como una carga móvil en el programa Sap 2000.

## c. Cargas térmicas

DT : Para alcanzar una adecuada estimación de los esfuerzos generados por las cargas térmicas sobre este modelo del puente de acceso, se solicita toda la estructura con un gradiente de temperatura de 20°C, uniforme en todos los elementos.

## d. Combinaciones de carga

Las combinaciones de carga están de acuerdo a lo que se establece en el código ACI-318 para diseño en concreto armado. En la siguiente tabla aparecen

las combinaciones de carga consideradas en esta estructura así como también la envolvente a considerar en el diseño estructural.

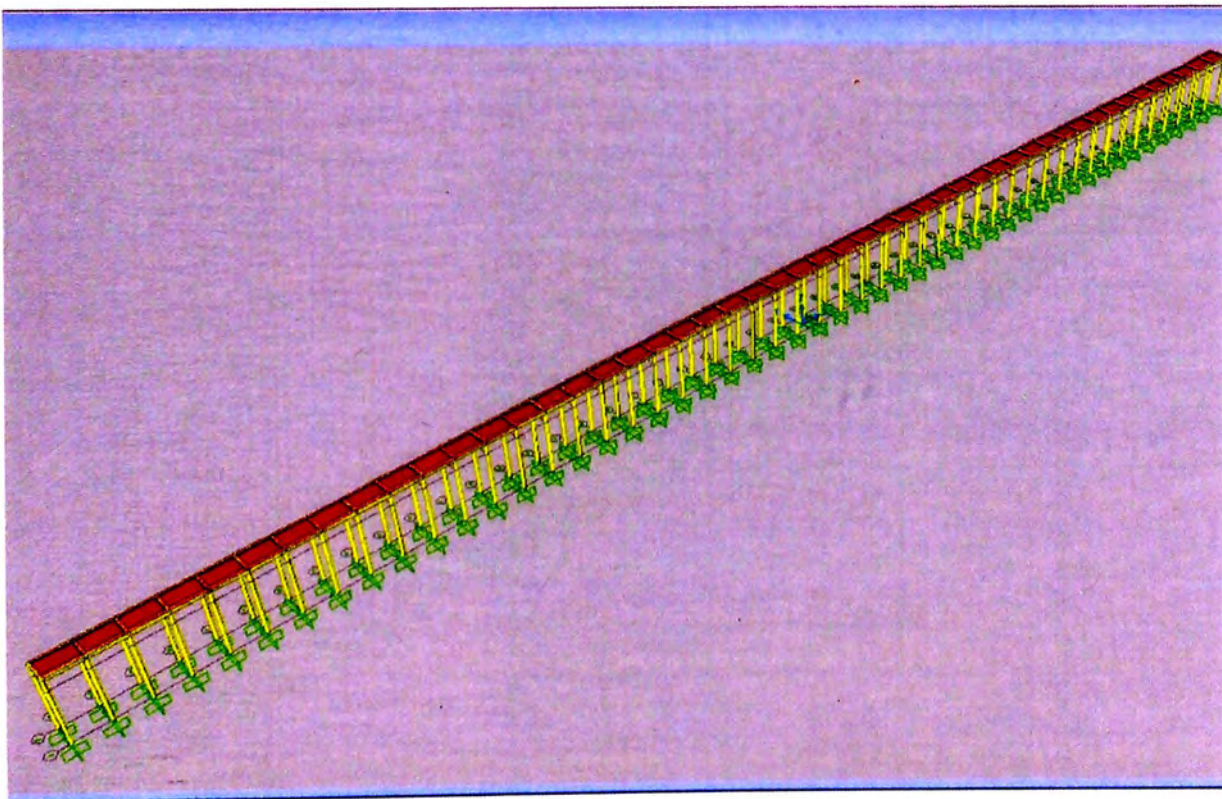
Combinación	DL	DL-Eq	MA	DT	SC	HS20-44	VIENTO	SISMO
COMB 1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7	0	0	0
COMB 2	1,3	1,3	1,3	1,3	0	2,21	0	0
COMB 3	1,3	1,3	1,3	0	0,85	0	1,3	0
COMB 4	1,3	1,3	1,3	0	0,85	0	0	1,3
COMB 5	1,3	1,3	1,3	0	0,85	0	0	0

ENVOLVENTE (ENV) = COMB1 + COMB2 + COMB3 + COMB4 + COMB5

**e. Esquemas de cargas**

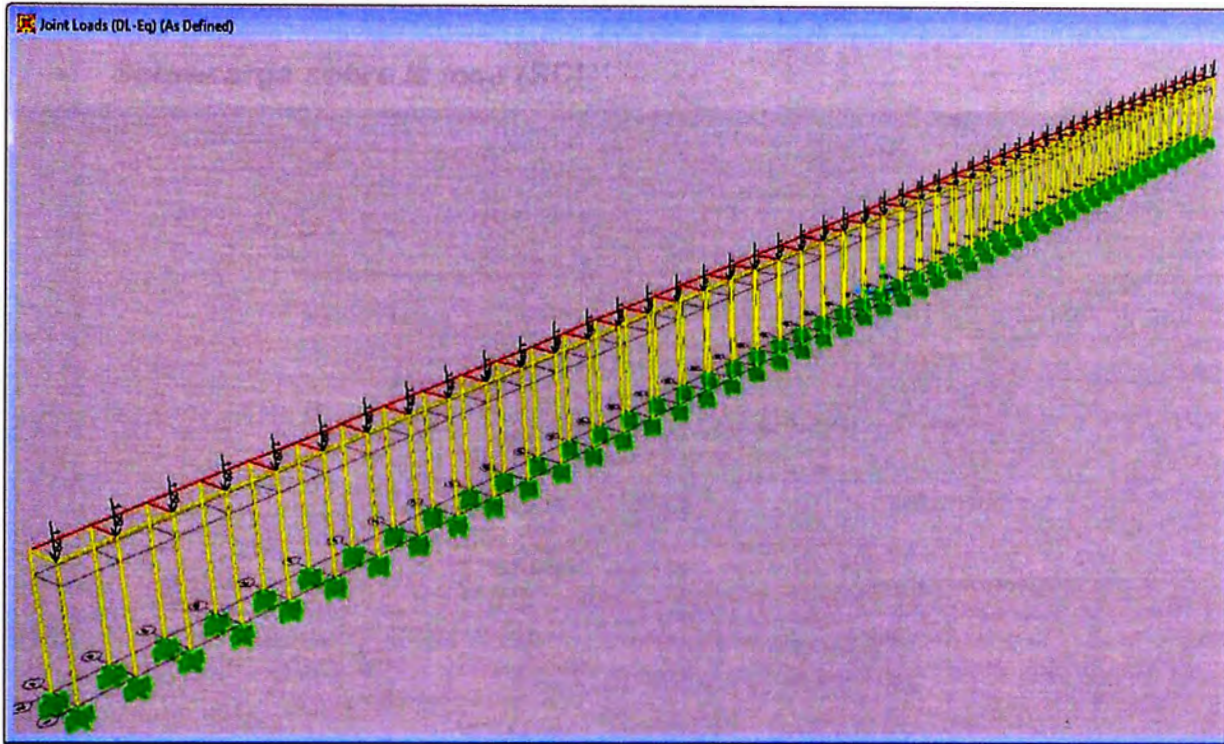
**Cargas muertas**

- *Peso propio (PP)*

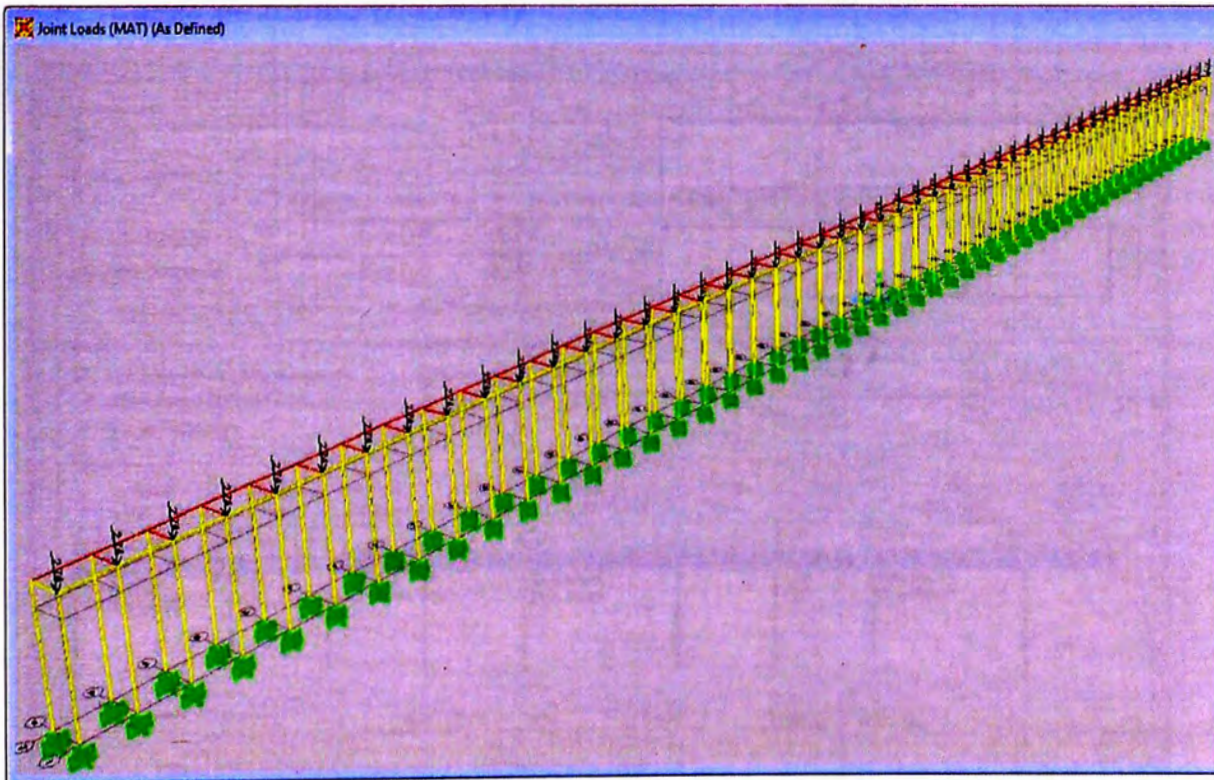




- **Peso de equipos (DL)**



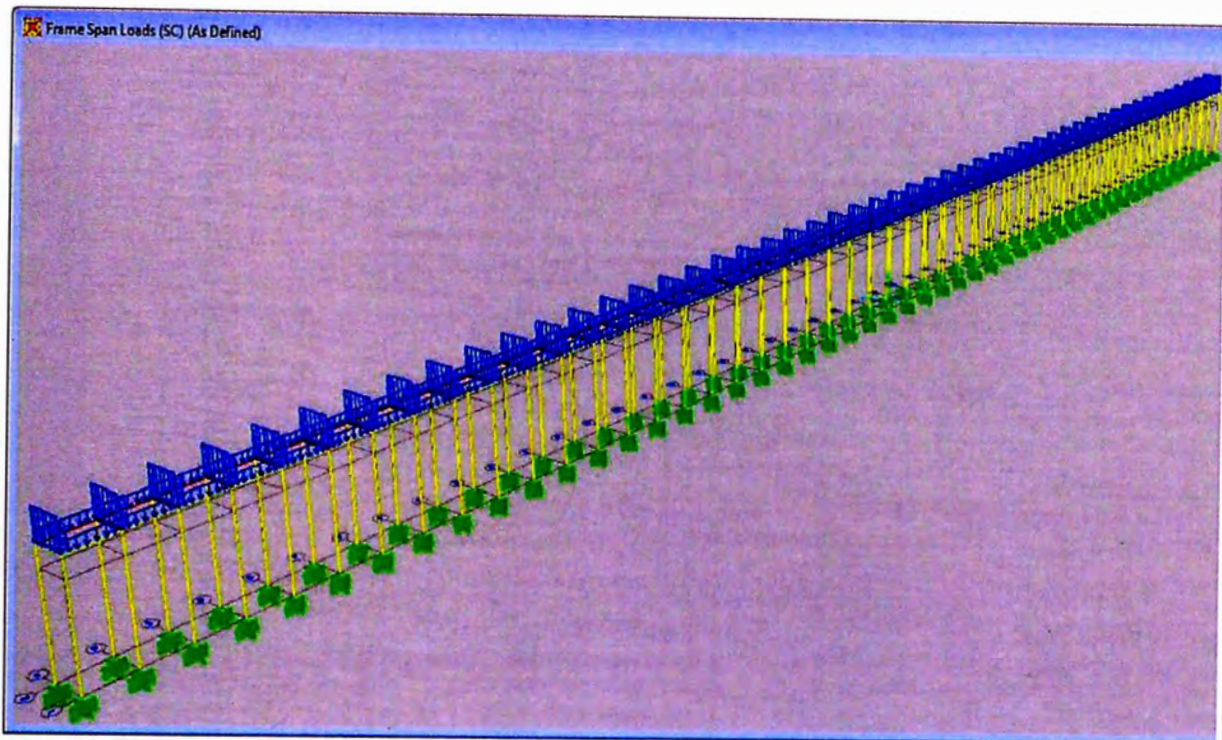
- **Material (MAT)**





## Cargas vivas

- **Sobrecarga sobre la losa (SC)**



- **Carga de tráfico (HS20-44)**

General Vehicle Data

Vehicle name: HS20-44      Units: Tonf, m, C

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

Lane Negative Moments at Supports  
 Interior Vertical Support Forces  
 All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048  
 Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects

Axle: None      Modify/Show...  
 Uniform: None      Modify/Show...

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Zero Width		1.81	One Point	
Trailing Load	Infinite		0.	Zero Width		1.81	One Point	
Fixed Length	4.27		0.	Zero Width		7.25	One Point	
Variable Length	4.27	9.14	0.	Zero Width		7.25	One Point	

Add    Insert    Modify    Delete

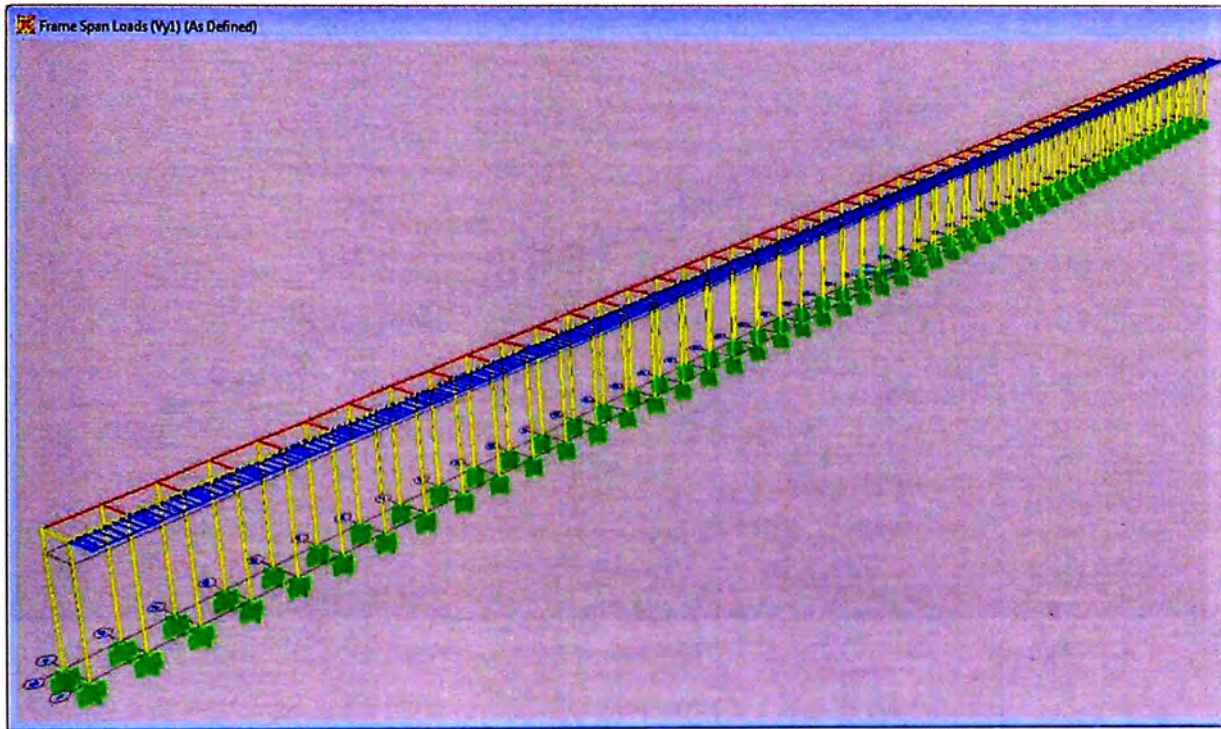
Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only      Straddle Reduction Factor: \_\_\_\_\_  
 Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

OK      Cancel

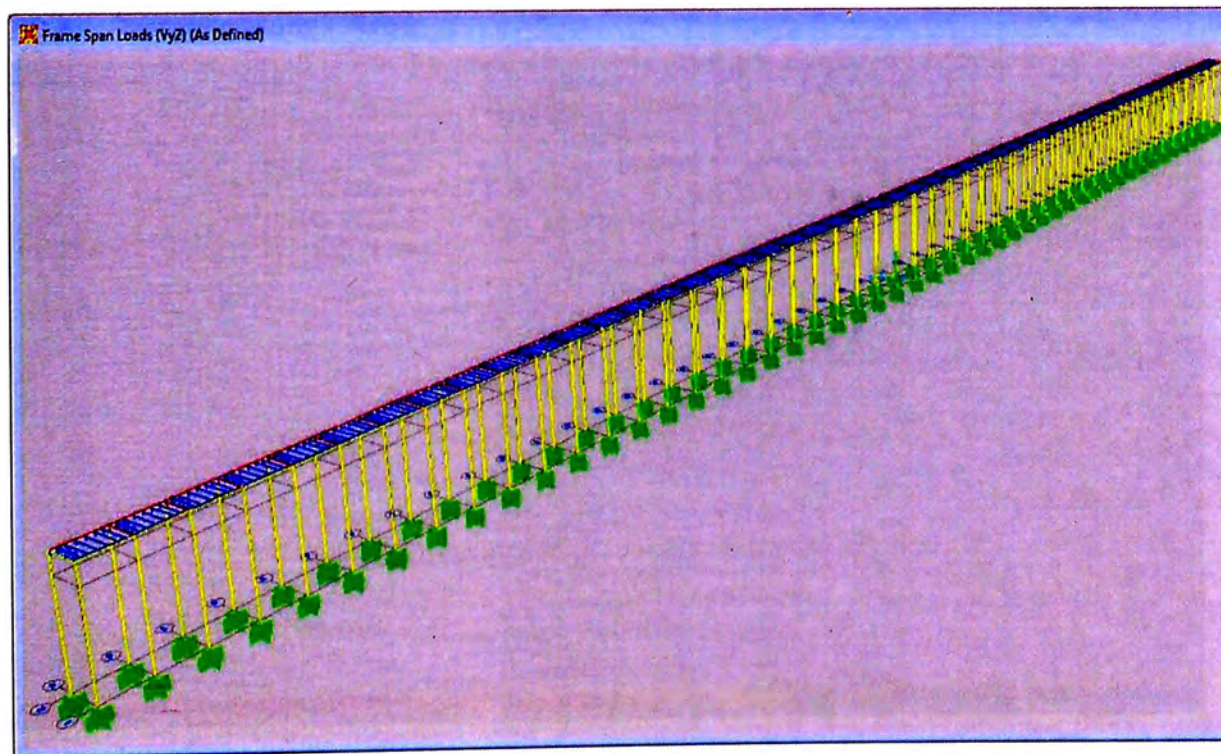


## Cargas de viento

- **Viento sobre la losa, hacia delante (Vy1)**

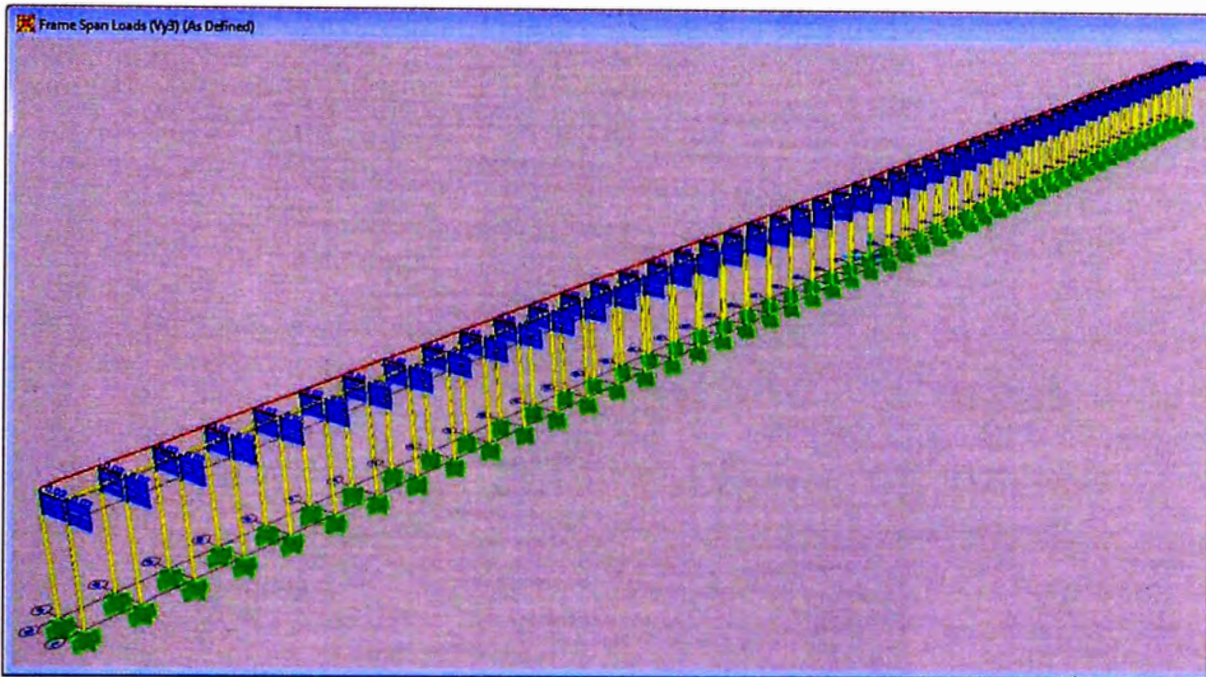


- **Viento sobre la losa, hacia atrás (Vy2)**



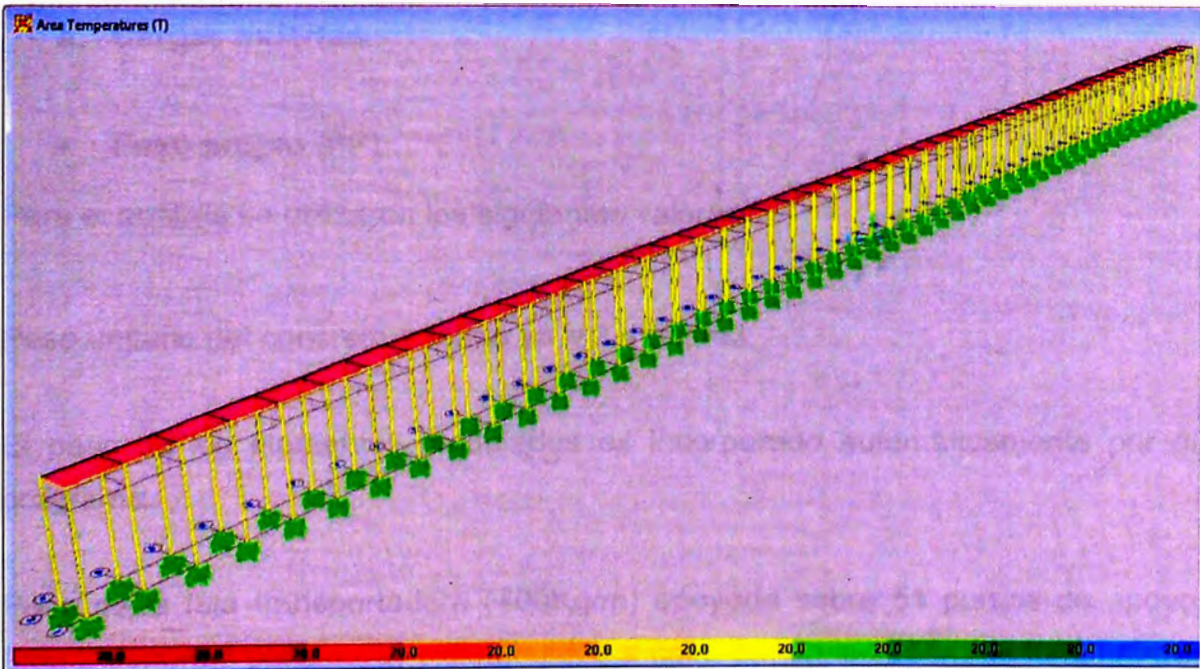


- **Viento sobre los pilotes Vy3**



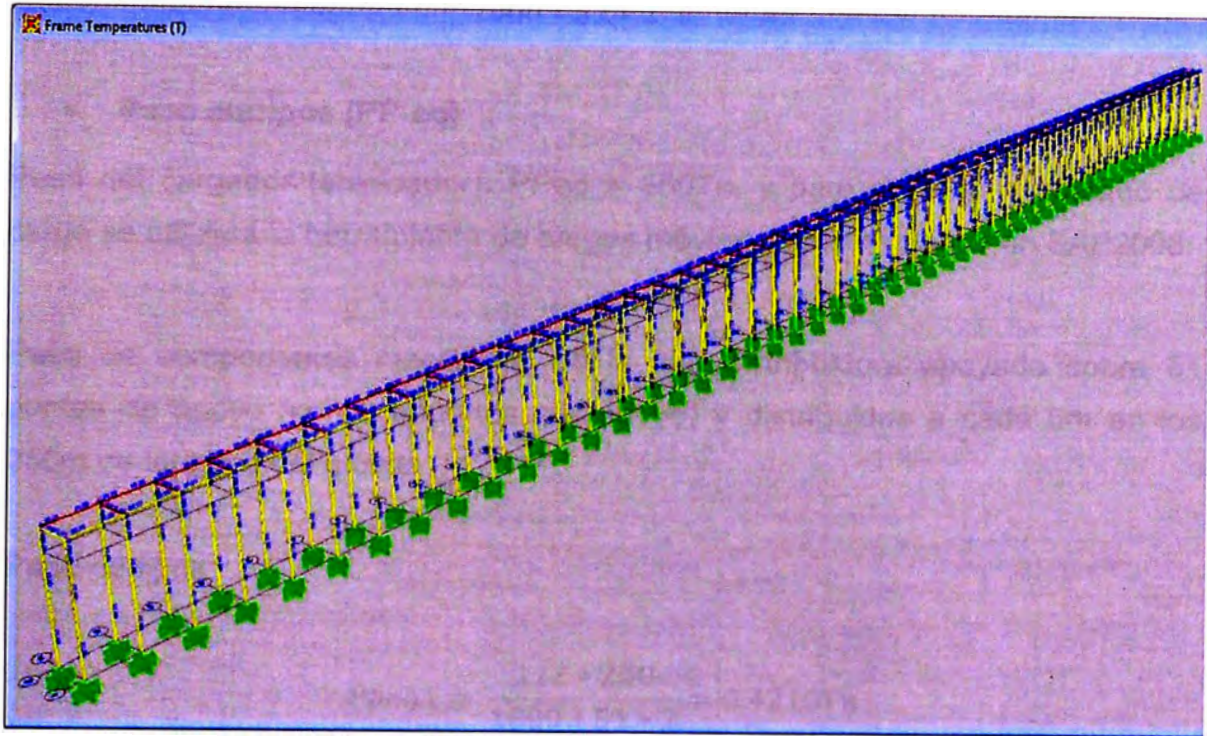
### Cargas térmicas

- **Temperatura - Área**





- **Temperatura – Frame**



## Para el Muelle

### a. Cargas muertas

- **Peso propio (PP)**

Para el análisis se utilizaron los siguientes valores:

Peso unitario del concreto armado  $\gamma_h = 2.4 \text{ ton/m}^3$

El peso de los elementos modelados es incorporado automáticamente por el programa.

Peso de la faja transportadora (400Kg/m) apoyada sobre 51 puntos de apoyo (con 2 soportes por apoyo) y distribuidos a cada 5m en los 250m de longitud del muelle:

$$Pp = \frac{400 * 250}{1000 * 51 * 2} = 0.9804Tn$$

- **Peso equipos (PP-eq)**

Peso del cargador (shiploader): PPeq = 350Tn, y para analizar su estado de carga se utilizará la herramienta de cargas móviles implementadas en SAP2000.

Peso de componentes mecánicos de la faja distribuidora apoyada sobre 51 puntos de apoyo (con 2 soportes por apoyo) y distribuidos a cada 5m en los 250m de longitud del muelle:

Peso equipos:

$$Ppeq1 = \frac{172 * 250}{1000 * 51 * 2} = 0.4216Tn$$

Peso de otros componentes:

$$Ppeq2 = \frac{10.89}{2} = 5.445Tn/Apoyo$$

Entonces: Ppeq = Ppeq1 + Ppeq2 = 0.4216 + 5.445 = 5.8666Tn

- **Material (MA)**

Peso de material sobre faja: 280 Kg/m

Luego, se hacen las mismas consideraciones realizadas para el peso de equipos, entonces:

$$MA = \frac{280 * 250}{51 * 1000 * 2} = 0.6863 Tn/Apoyo$$

## b. Cargas vivas

- **Sobrecarga (SC)**

Se ha utilizado para el análisis una sobrecarga de uso sobre el puente de 3.0 ton/m<sup>2</sup>. Para el análisis sísmico se utilizó el 50% de este valor. Luego se tiene:

### **Sobrecarga sobre la losa**

Carga en vigas longitudinales:  $q_{max} = 20/2 \cdot 3 = 30 \text{ T/m}$

Carga en vigas transversales:  $q_{max} = 5 \cdot 3 = 15.0 \text{ T/m}$

## c. Cargas térmicas

DT : Para alcanzar una adecuada estimación de los esfuerzos generados por las cargas térmicas sobre este modelo del puente de acceso, se solicita toda la estructura con un gradiente de temperatura de 20°C, uniforme en todos los elementos.

## d. Combinaciones de carga

Las combinaciones de carga están de acuerdo a lo que se establece en el código ACI-318 para diseño en concreto armado. En la siguiente tabla aparecen las combinaciones de carga consideradas en esta estructura así como también la envolvente a considerar en el diseño estructural.

Combinación	DL	DL-Eq	MA	DT	SC	Def	VIENTO	SISMO
COMB 1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7	0	0	0
COMB 2	1,3	1,3	1,3	1,3	0	0	0	0
COMB 3	1,3	1,3	1,3	0	1,7	1,3	0	0
COMB 4	1,3	1,3	1,3	0	0	1,3	0	0
COMB 5	1,3	1,3	1,3	0	1,7	0	0	0
COMB 6	1,3	1,3	1,3	0	0	0	0	0
COMB 7	1,3	1,3	1,3	0	0,85	0	1,3	0
COMB 8	1,3	1,3	1,3	0	0,85	0	0	1,3
COMB 9	1,3	1,3	1,3	0	0,85	0	0	0

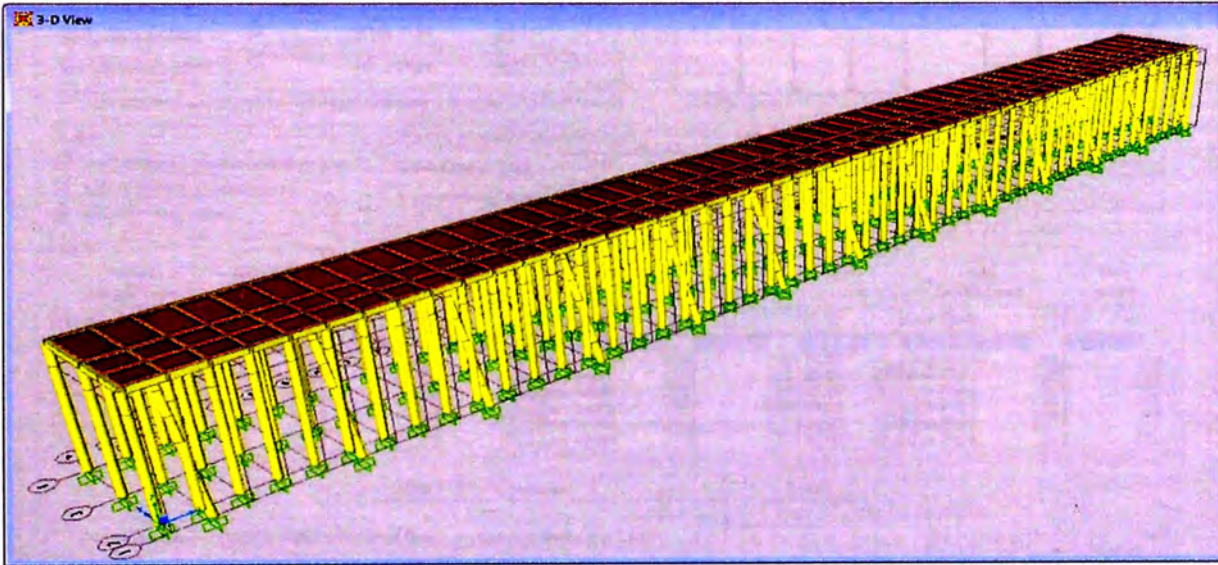
ENVOLVENTE (ENV) = COMB1 + COMB2 + COMB3 + COMB4 + COMB5 +  
 COMB6 + COMB7 + COMB8 + COMB9



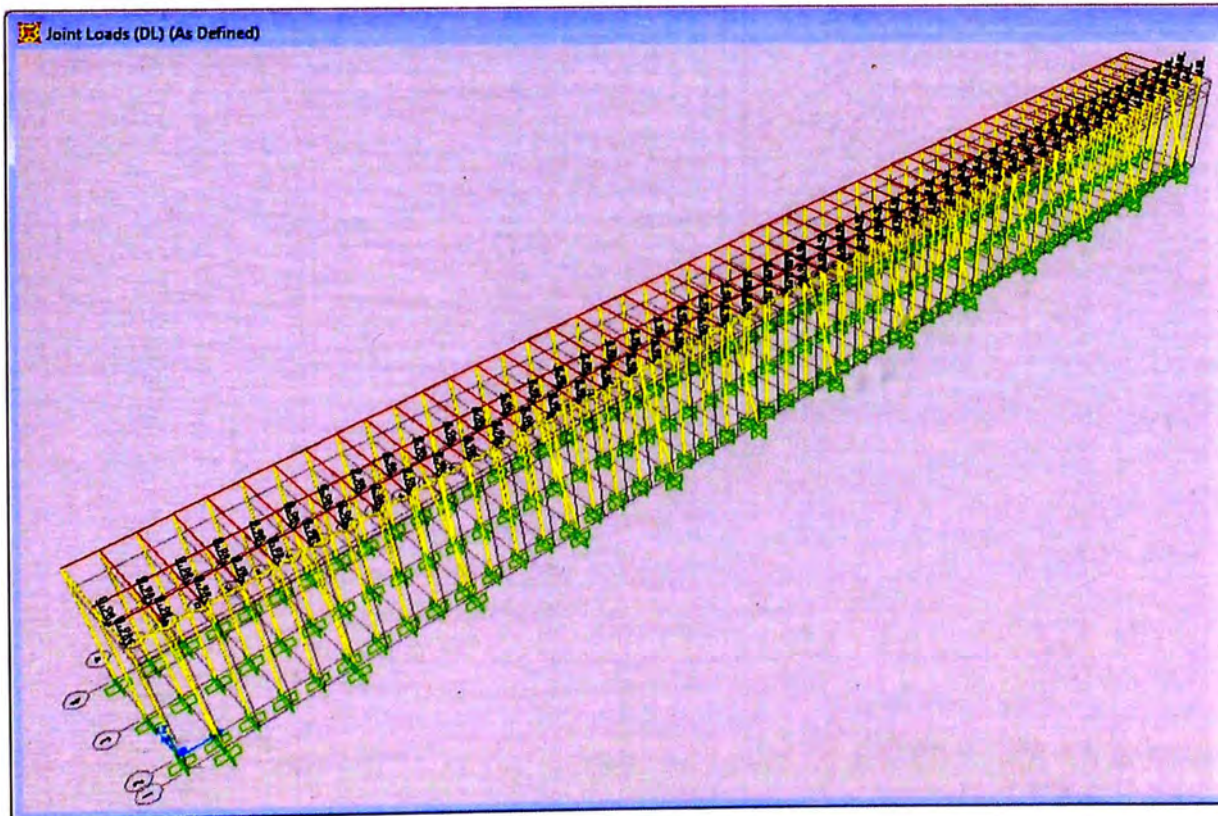
## e. Esquemas de cargas

### Cargas muertas

- **Peso propio (PP)**



- **Peso de equipos (DL)**





• **Peso de equipos (DL-Eq)**

**Shiploader**

**General Vehicle Data**

Vehicle name:  Units:

**Floating Axle Loads**

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

**Usage**

Lane Negative Moments at Supports  
 Interior Vertical Support Forces  
 All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048  
 Lane Interior Edge: 0.6096

**Length Effects**

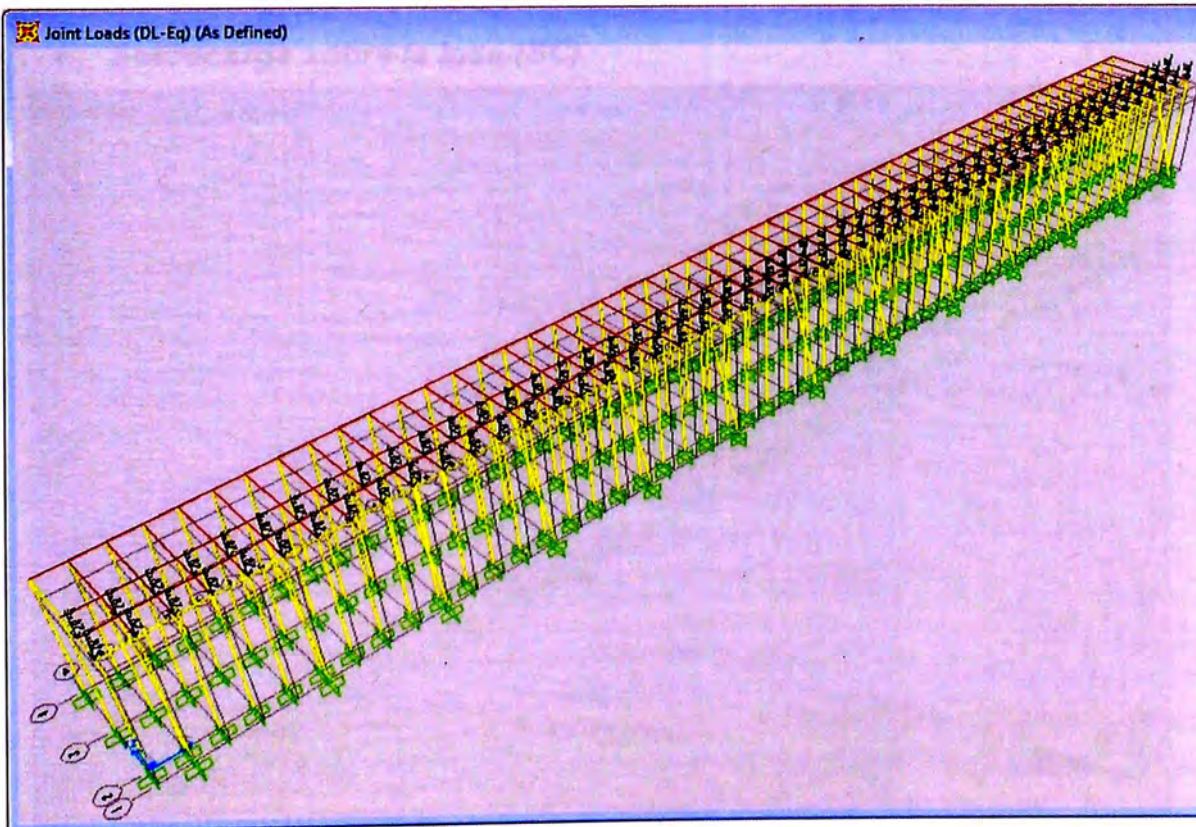
Axle:    
 Uniform:

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	2.2		0.	Zero Width		30.63	One Point	
Fixed Length	2.2		0.	Zero Width		30.63	One Point	
Fixed Length	2.3		0.	Zero Width		30.63	One Point	
Fixed Length	2.2		0.	Zero Width		30.63	One Point	
Fixed Length	3.3		0.	Zero Width		30.63	One Point	
Fixed Length	2.2		0.	Zero Width		30.63	One Point	
Fixed Length	2.3		0.	Zero Width		30.63	One Point	

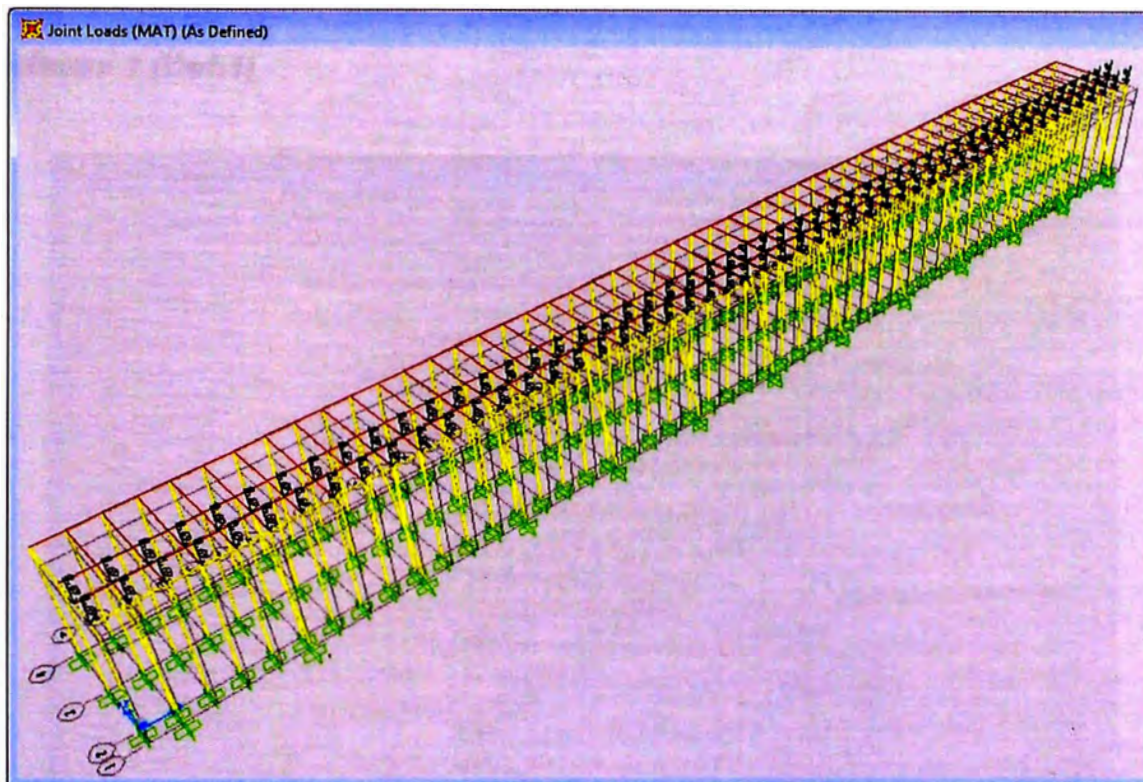
Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor:   
 Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

**Faja transportadora**



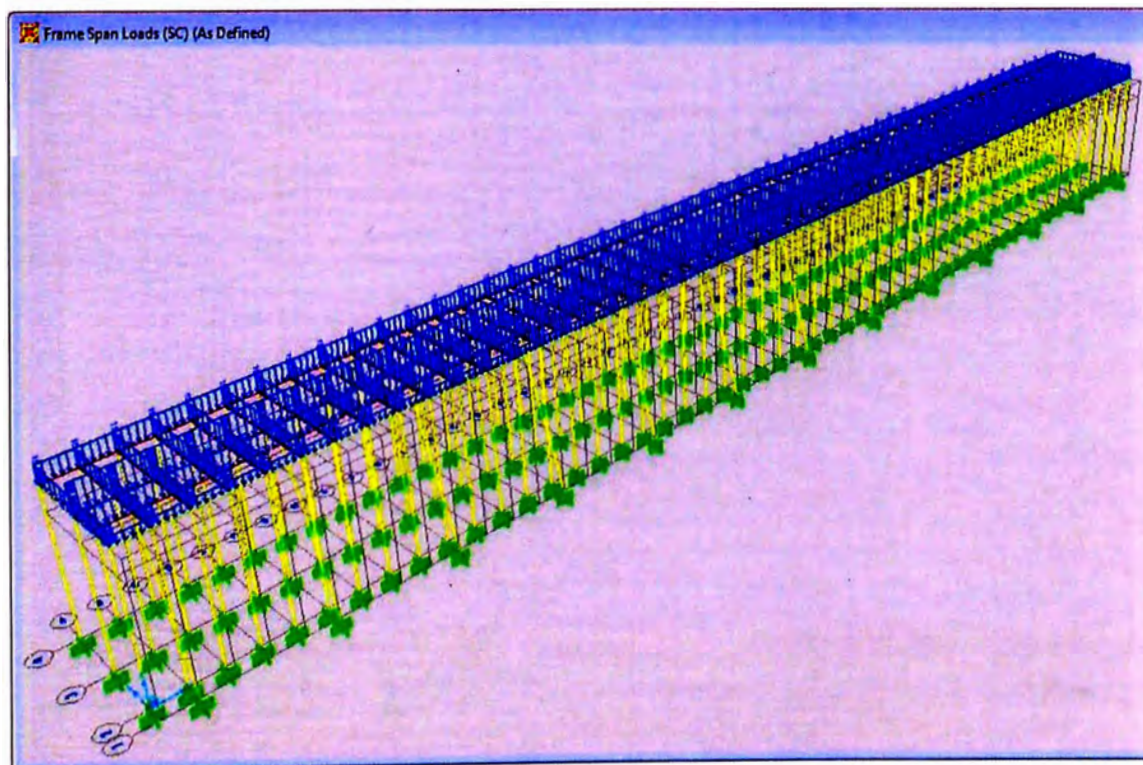


### Material (MAT)



### Cargas vivas

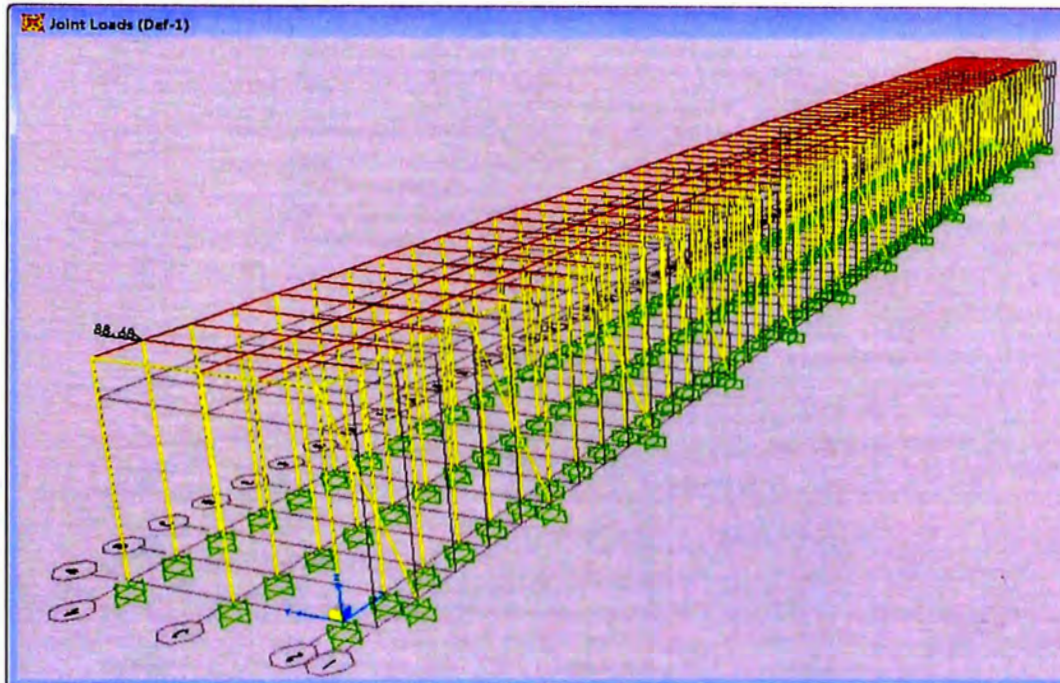
- **Sobrecarga sobre la losa (SC)**



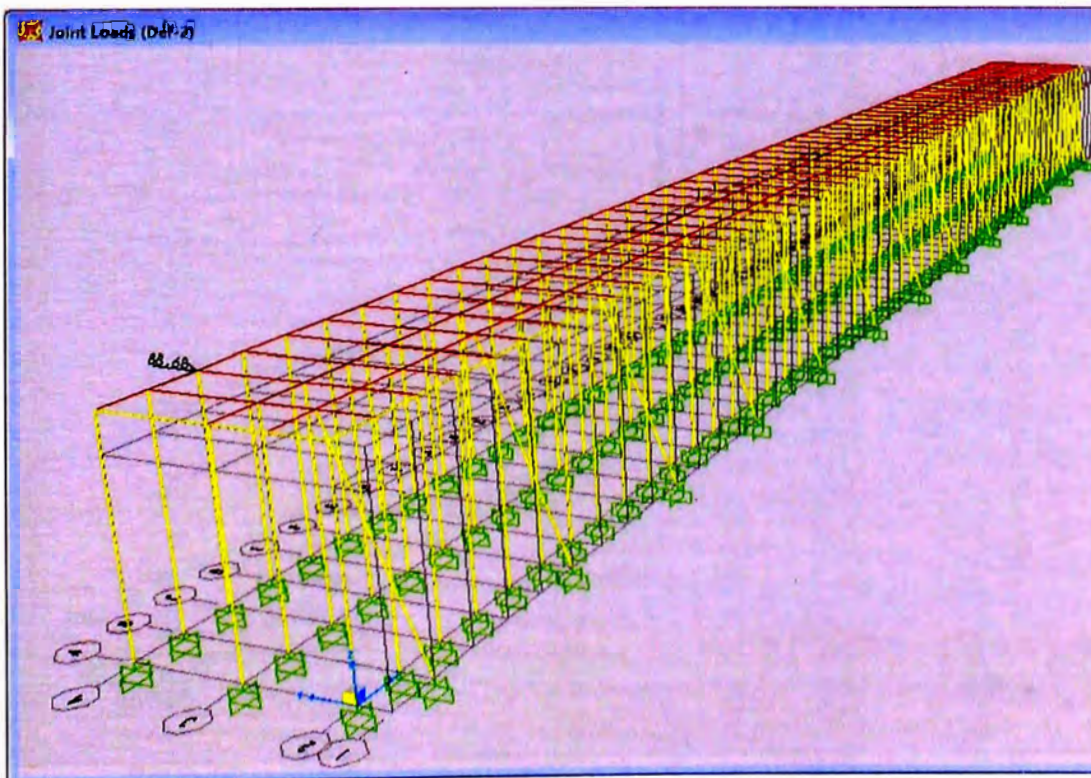


- **Fuerzas de ataque (defensas)**

### **Defensa 1 (Def-1)**



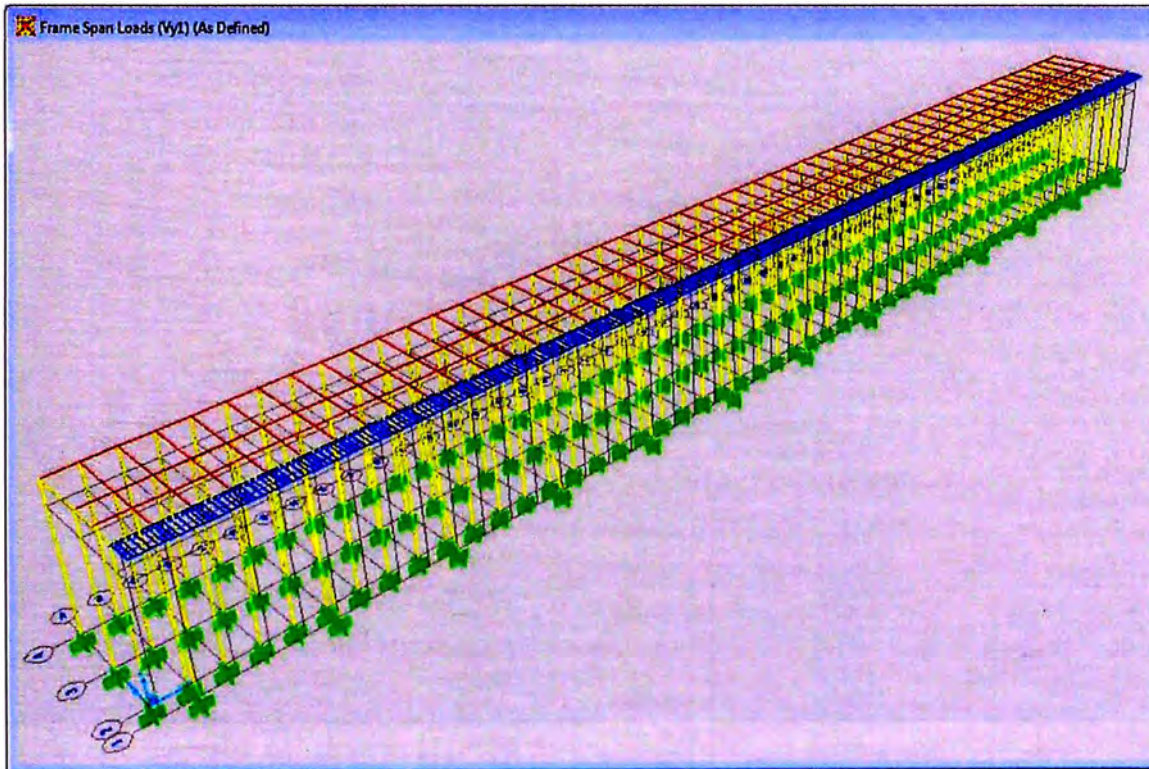
### **Defensa 2 (Def-2)**



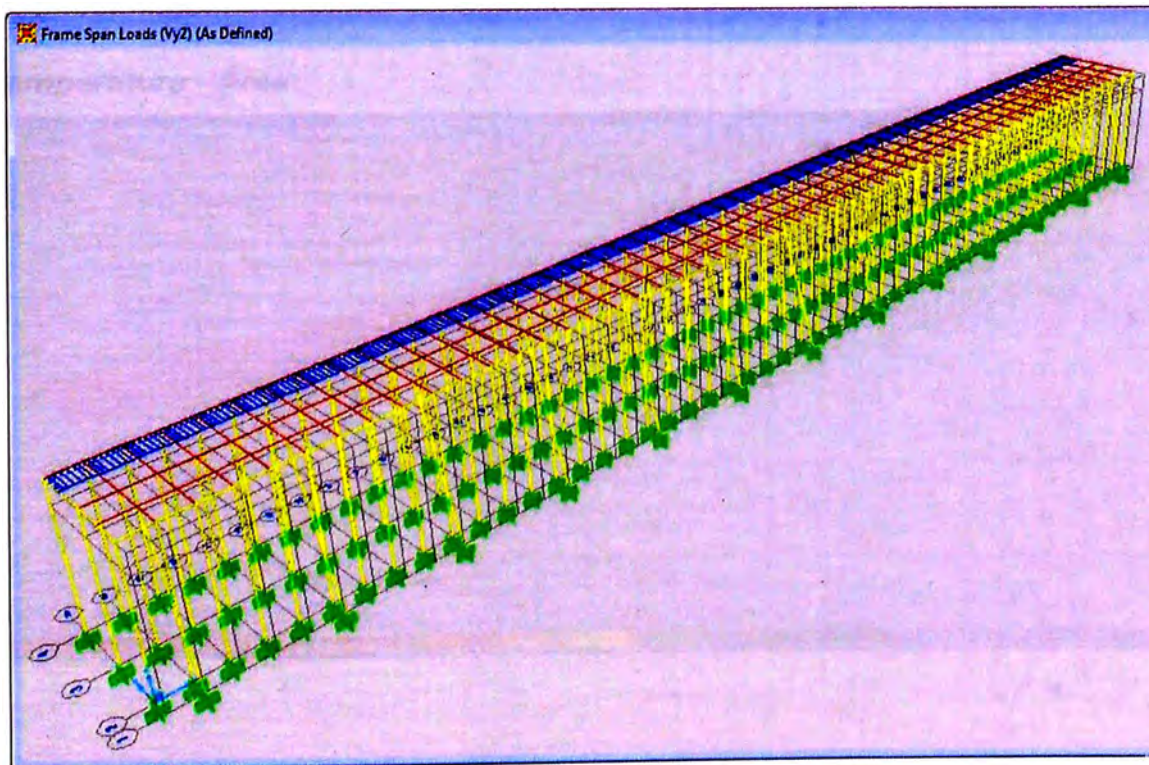


## Cargas de viento

- **Viento sobre la losa, hacia delante (Vy1)**

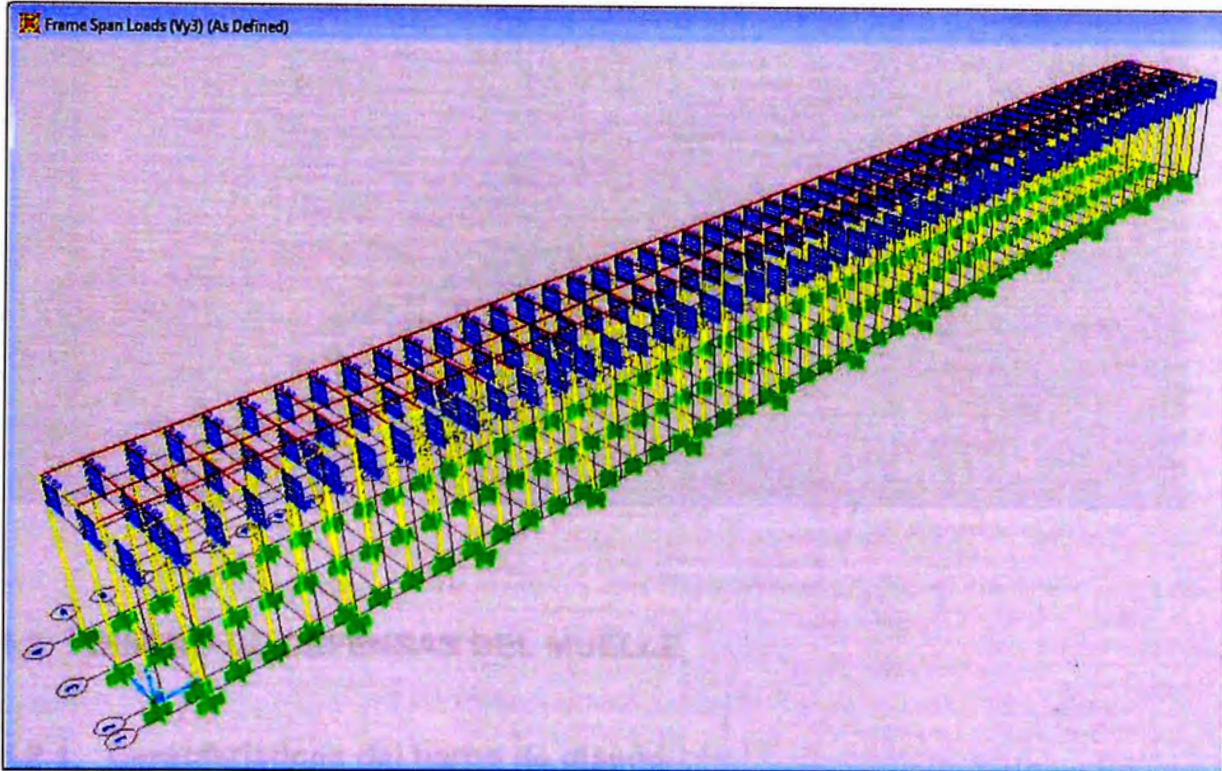


- **Viento sobre la losa, hacia atrás (Vy2)**



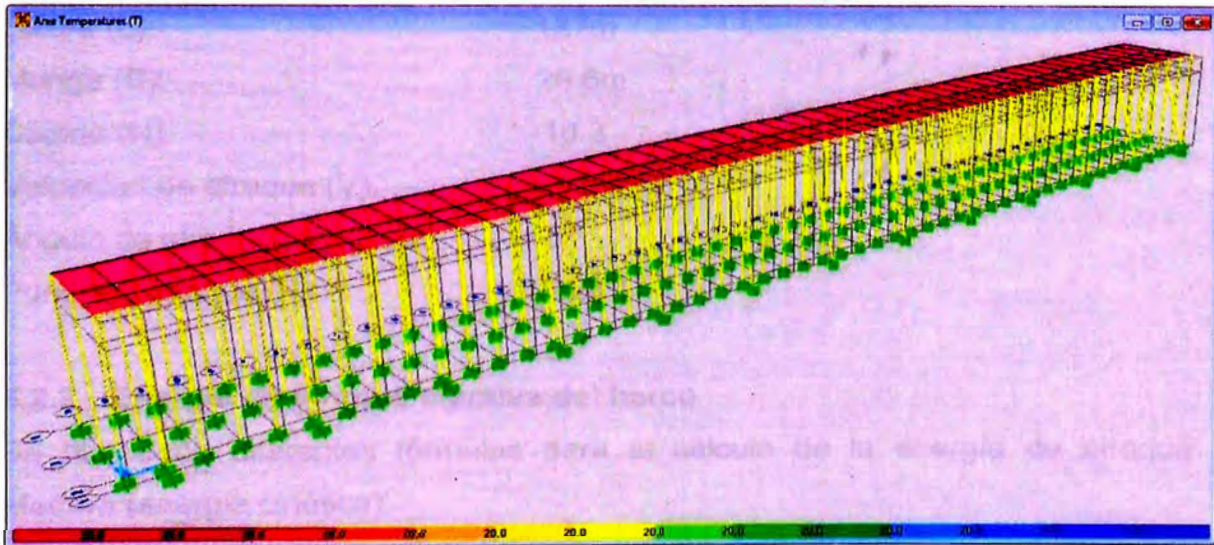


- **Viento sobre los pilotes Vy3**

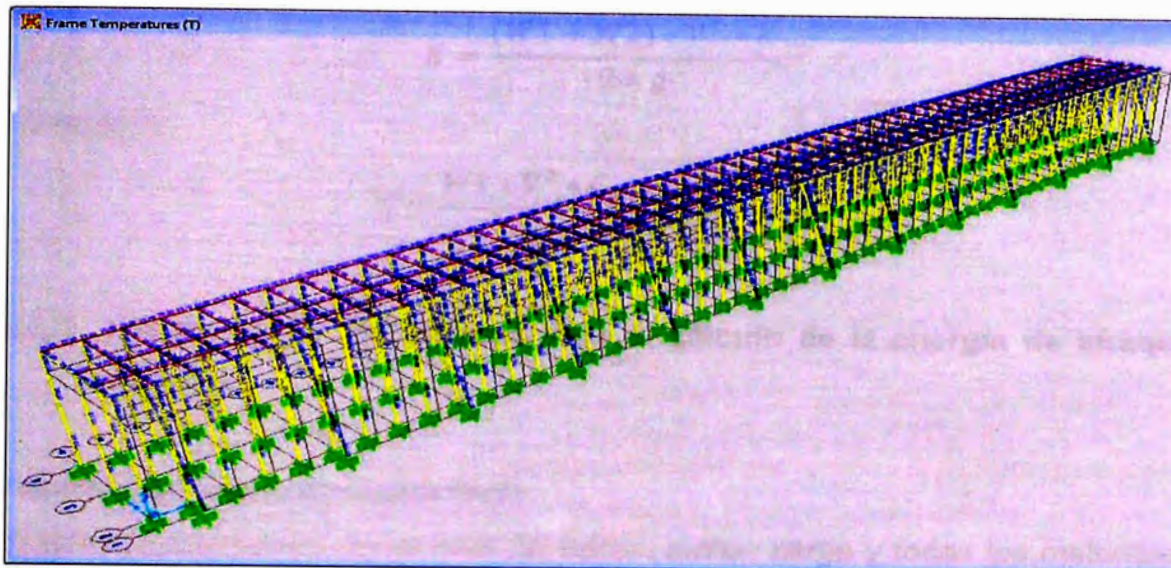


### Cargas térmicas

#### **Temperatura - Área**



## Temperatura – Frame



## 6.2 DISEÑO DE DEFENSAS DEL MUELLE

### 6.2.1 Características del barco de diseño

Con la ayuda de las tablas de especificaciones de los barcos adjuntas en el Anexo I, se tiene:

Barco:	30,000 DWT
Tonelaje de desplazamiento (W):	40,000 Tn
Eslora (L):	187m
Manga (B):	26.6m
Calado (H):	10.3
Velocidad de atraque (V):	0.15m/s
Ángulo de atraque ( $\theta$ ):	5°
Punto de atraque (P):	0.25*L

### 6.2.2 Energía de atraque efectiva del barco

Se han dado diferentes fórmulas para el cálculo de la energía de atraque efectiva (energía cinética).

Las siguientes, son algunas de las fórmulas frecuentemente usadas y las que se han considerado en el presente informe:



Fórmula I:

$$E = \frac{(W1 + W2) * V^2 * K}{2 * g}$$

Fórmula II:

$$E = \frac{W1 * V^2 * C_M * C_E * C_S * C_C}{2 * g}$$

### 6.2.3 Definición de los factores para el cálculo de la energía de atraque efectiva

#### Tonelaje de desplazamiento (W1)

El tonelaje expresado por el total del barco, motor, carga y todos los materiales cargados en la nave es llamado desplazamiento, para el desplazamiento donde la nave es cargada hasta que la línea de flotación alcanza la línea de calado completo del barco.

Para el presente informe el tonelaje de desplazamiento correspondiente a la nave de diseño es 40,000 Tn.

#### Peso adicional (W2)

El peso adicional es generalmente definido como el peso del agua de mar de una forma cilíndrica, con diámetro equivalente al calado y la longitud igual a la eslora del barco.

$$W2 = \frac{\rho * L * H^2 * \pi}{4}$$

Luego:

$$W2 = \frac{1.025 * 187 * (10.3)^2 * 3.1416}{4} = 15970.953Tn$$

#### Velocidad de atraque (V)

La velocidad de atraque es uno de los criterios más importantes para el diseño de sistema de defensa.

La velocidad de atraque del barco es determinado de los valores obtenidos por medición o de los datos previamente obtenidos para velocidades de atraque,

considerando por ejemplo: tamaño y condiciones de carga del barco, ubicación y estructura para facilitar el atraque, condiciones meteorológicas y marinas, y presencia de remolcadores y sus tamaños.

Generalmente, la velocidad de atraque de barcos pequeños (por debajo de 10,000DWT), es de 0.1m/s a 0.3m/s; y de barcos medianos (entre 10,000DWT y 50,000DWT), es menor a 0.2m/s.

Para el presente informe se ha considerado una velocidad de diseño de  $V=0.15\text{m/s}$ .

### **Factor de excentricidad (K)**

El factor de excentricidad K es expresado por la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

Si la superficie horizontal del barco se asume como una elipse alargada o un rectángulo, el radio de giro del barco viene a ser aproximadamente 1/4 de la eslora del barco ( $1/4L$ ).

Además, como el atraque en el llamado “punto 1/4L” es más frecuente, el valor es considerado 0.5 y es el que se ha considerado para el presente informe.

### **Ángulo de atraque**

El ángulo de atraque es definido como el ángulo que el casco del barco hace con la estructura de atraque. Estudios japoneses realizados en ocho amarraderos de diferentes puertos de Japón han realizado diferentes mediciones de los ángulos de atraque, dando como resultado que el ángulo de atraque será menor que  $3^\circ$  en la mayoría de los casos y  $6^\circ$  como máximo. Los datos obtenidos en los estudios antes referidos se pueden apreciar en el Anexo V.

Para el presente informe se ha considerado un ángulo de atraque de  $\theta = 5^\circ$ .

**Factor de masa ( $C_M$ )**

Cuando un buque entra en contacto con la zona de atraque y su movimiento se detiene repentinamente por las defensas, la masa de agua en movimiento con el buque se suma a la energía que posee la embarcación. A medida que el buque atraca, la masa de agua se desplaza junto con la nave mientras se mueve hacia los lados a través del agua. Cuando el barco se detiene por las defensas, el impulso del agua en suspensión continúa empujando contra el barco y con eficacia aumenta su masa total.

B. F. Saurin ha determinado experimentalmente en Finnart, Escocia, que el valor de  $C_M$  es ligeramente más pequeño que el valor teórico obtenido de la fórmula para peso adicional  $W_2$ .

$$C_M = \frac{\text{Masa actual del barco}}{\text{Masa del barco}}$$

$$C_M = \frac{W_1 + W_2}{W_1}$$

$$C_M = 1 + \frac{\rho * L * H^2 * \pi}{4 * W_1}$$

Luego:

$$C_M = 1 + \frac{1.025 * 187 * (10.3)^2 * 3.1416}{4 * 40000} = 1.40$$

**Factor de excentricidad ( $C_E$ )**

En el caso de que un buque contacte con la plataforma en un punto cercano a la proa o la popa, la fuerza de reacción origina un movimiento de rotación, el cual disipará una parte de la energía del buque.

Como el atraque en el llamado "punto 1/4L" es más frecuente, el valor es considerado 0.5 y es el que se ha considerado para el presente informe.

**Factor de suavidad ( $C_S$ )**

El factor de suavidad toma en cuenta la disipación de la energía mediante la deformación elástica del casco de la embarcación. Indica la relación existente

entre la rigidez del barco y la rigidez de la defensa, la cual a su vez representa la relación entre la energía absorbida por el barco y la absorbida por la defensa.

Ya que el barco es relativamente más rígido, comparado con los sistemas de defensa usualmente producidos, generalmente es aplicado un valor de 0.9 para este factor, ó 0.95 si se desea un mayor margen de seguridad. Para el presente informe se escogió este último como factor de suavidad.

### **Factor de flexión hidrodinámica o de configuración ( $C_C$ )**

El factor, conocido también como coeficiente de reflexión hidrodinámica, expresa el efecto del agua de mar circundante al movimiento del barco, repercutiendo sobre la estructura del muelle. Esto se produce debido a que cierto porcentaje de la masa adicional de agua que acompaña a la nave podría ser reflejado por la estructura portuaria, tal como en el caso de un muro de gravedad, debiéndose descontar una fracción de la masa de agua. Por el contrario, si la estructura permite el paso de la masa líquida sin ofrecer resistencia, dicha masa se incorporará totalmente a la masa propia del buque al momento del impacto.

Para el presente informe se eligió el valor de  $C_C = 1.0$  por tratarse de un muelle abierto.

Finalmente, con los factores considerados anteriormente, a continuación se calcula la energía efectiva:

$$\text{De la fórmula I} \rightarrow E1 = \frac{(40000 + 15970.953) \cdot (0.15)^2 \cdot 0.5}{2 \cdot 9.81} = 32.09 \text{ Tn} - m$$

$$\text{De la fórmula II} \rightarrow E2 = \frac{40000 \cdot (0.15)^2 \cdot 1.4 \cdot 0.5 \cdot 0.95 \cdot 1}{2 \cdot 9.81} = 30.50 \text{ Tn} - m$$

Pero para la elección del sistema de defensa se debe considerar que los valores reales de una defensa pueden oscilar en  $\pm 10\%$ , entonces:

$$E1 = 32.09 \cdot 1.1 = 35.299 \text{ Tn} - m$$

$$E2 = 30.50 \cdot 1.1 = 33.550 \text{ Tn} - m$$



Luego, de la tabla para embarcaciones de 30,000 DWT:

$$E3 = 32.2 Tn - m$$

Entonces la energía efectiva (E) de atraque será la mayor de los valores E1, E2 y E3, por lo tanto:

$$E = E1 = 35.299 Tn - m$$

### Alternativa de defensas marinas

Se escoge la defensa tipo "Super Cell" de Bridgestone – SUC 1250H (con grado de caucho RO), para una deflexión máxima de 55%, para lo cual se utiliza el siguiente cuadro 6.01 y se determina la energía de absorción y la fuerza de reacción soportada sobre dicha defensa:

**Cuadro 6.01.** Características de la defensa marina "Super Cell" de Bridgestone – SUC 1250H .

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	117.6 259.3	125.0 275.6	64.5 466.7	68.3 494.2
RS	104.3 230.0	110.9 244.5	57.3 414.6	60.6 438.4
RH	90.4 199.3	96.1 211.9	49.6 358.9	52.6 380.6
RO	69.6 153.5	73.9 162.9	38.2 276.4	40.4 292.3
R1	55.6 122.6	59.2 130.5	30.5 220.7	32.3 233.7

Fuente. Tomada del Manual de Defensas Marinas Bridgestone.

Luego:

$$E = 40.40 Tn - m$$

$$R = 73.90 Tn$$

Considerando un factor de reducción 0.95 para un ángulo de atraque considerado de 5° (ver Anexo IV):

$$E = 40.40 * 0.95 = 38.38 Tn - m > E1 = 35.299 Tn - m \dots \dots \dots (Ok)$$

Para la fuerza de atraque considerada en el diseño del muelle, se utilizará un factor de seguridad de 1.20 (20% más) por atraque o acoderamiento anormal, entonces:

$$Ru = 73.90 * 1.20 = 88.68 Tn$$

Además las características como dimensión y ubicación de los agujeros para los pernos de instalación de la defensa marina elegida, se puede apreciar en el Anexo II. Adicionalmente se puede observar también el rendimiento de dicha defensa en el Anexo III.

### Espaciamiento de las defensas marinas (S)

De acuerdo a los estándares británicos, el espaciamiento máximo no debe pasar del 15% de la eslora de la nave (L) y el mínimo no debe ser menor que el 10%(L), entonces:

$$Smáx = 0.15 * 187 = 28.05 m$$

$$Smín = 0.10 * 187 = 18.70 m$$

Para el diseño se ha considerado un espaciamiento  $Smín \leq S = 20m \leq Smáx$ .

## 6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES

### 6.3.1 Para el Puente de Acceso

$f'c$	= 350 Kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión.
$f_y$	= 4200 Kgf/cm <sup>2</sup>	Fluencia del acero.
D	= 90cm	Diámetro de la sección.
L	= 27m	Longitud de los pilotes.
H	= 24m	Distancia libre entre estrato rocoso y plataforma.
Rec	= 7.5cm	Recubrimiento
Ø	= 35mm	Barras longitudinales

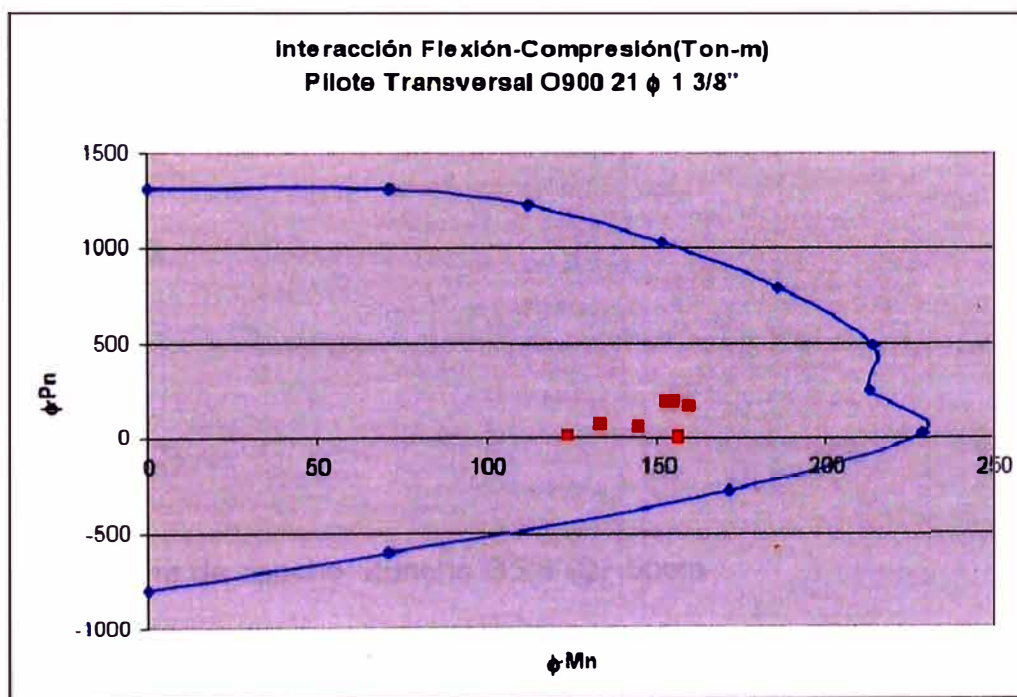
### 6.3.2 Para el Muelle

$f'c$	= 350 Kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión.
$f_y$	= 4200 Kgf/cm <sup>2</sup>	Fluencia del acero.
D	= 115cm	Diámetro de la sección.

L = 27m	Longitud de los pilotes.
H = 24m	Distancia libre entre estrato rocoso y plataforma.
Rec = 7.5cm	Recubrimiento
Ø = 35mm	Barras longitudinales

## 6.4 CAPACIDAD PORTANTE DE LOS PILOTES

### 6.4.1 Para el Puente de Acceso



Del diagrama se puede apreciar que para los distintos análisis de carga en los pilotes, estos se encuentran dentro del límite de resistencia de los mismos.

### Armadura de corte y confinamiento

Dadas las dimensiones de los pilotes, la armadura de confinamiento que controla el diseño, es la armadura volumétrica descrita en el capítulo 10 del código ACI, (ecuación 10.6). Y esta viene gobernada por la siguiente relación:

$$\rho = 0.45 * \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) * \frac{f'_c}{f'_y}$$

### Verificación de columna o pilote $\varnothing = 0.90\text{m}$

Entonces:

$$\rho_s = \text{máx} \left[ 0.45 * \left[ \frac{\pi * D^2}{\pi * (D - 2 * Rec)^2} - 1 \right] * \frac{f'_c}{f_y}, 0.12 * \frac{f'_c}{f_y} \right]$$

$$S_{\text{máx}} = \text{min} \left[ \frac{D}{4}, 6 * \varnothing, 7.50\text{cm} \right]$$

$$A_{\varnothing_{bz}} = \frac{\rho_s * (D - 2 * Rec) * S_{\text{máx}}}{4}$$

Luego:

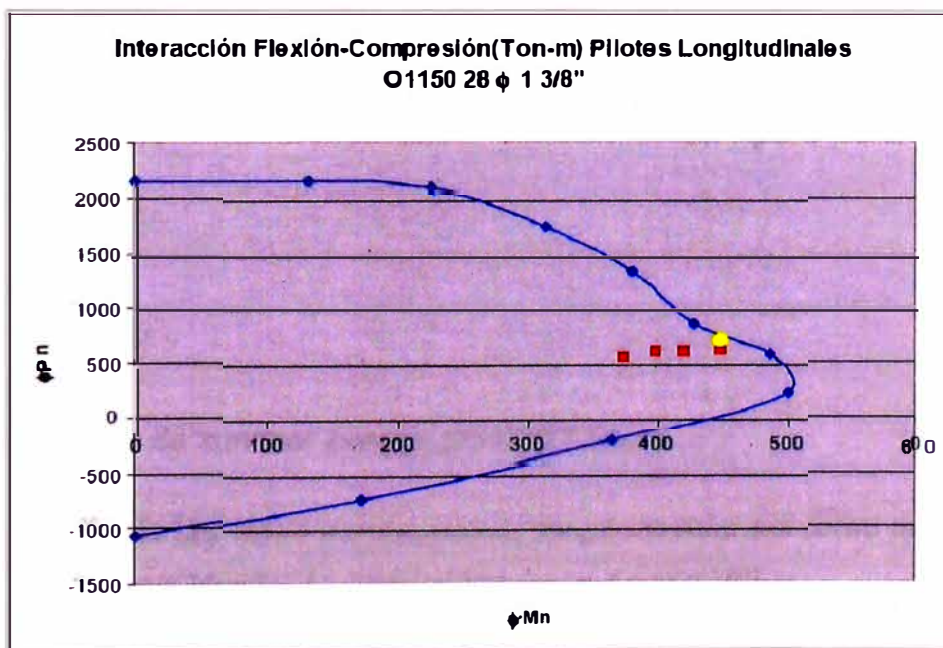
$$\rho_s = 0.01373$$

$$S_{\text{máx}} = 7.5\text{cm}$$

$$A_{\varnothing_{bz}} = 1.982\text{cm}^2$$

→ Área mínima de zuncho: Zuncho  $\varnothing 5/8'' @ 7.50\text{cm}$

#### 6.4.2 Para el Muelle



Al igual que para el Puente de Acceso, del diagrama se puede apreciar que para los distintos análisis de carga en los pilotes, estos se encuentran dentro del límite de resistencia de los mismos.

### Armadura de corte y confinamiento

Dadas las dimensiones de los pilotes, la armadura de confinamiento que controla el diseño, es la armadura volumétrica descrita en el capítulo 10 del código ACI, (ecuación 10.6). Y esta viene gobernada por la siguiente relación:

$$\rho = 0.45 * \left( \frac{Ag}{Ac} - 1 \right) * \frac{f'c}{f'y}$$

### Verificación de la columna o el pilote $\emptyset = 1.15m$

Entonces:

$$\rho_s = \max \left[ 0.45 * \left[ \frac{\pi * D^2}{\pi * (D - 2 * Rec)^2} - 1 \right] * \frac{f'c}{fy}, 0.12 * \frac{f'c}{fy} \right]$$

$$S_{max} = \min \left[ \frac{D}{4}, 6 * \emptyset, 7.50cm \right]$$

$$A_{\emptyset bz} = \frac{\rho_s * (D - 2 * Rec) * S_{m\acute{a}x}}{4}$$

Luego:

$$\rho_s = 0.01017$$

$$S_{m\acute{a}x} = 7.5cm$$

$$A_{\emptyset bz} = 1.945cm^2$$

→ Área mínima de zuncho: Zuncho  $\emptyset 5/8" @ 7.50cm$

**Nota:** El diseño de las vigas transversales, longitudinales así como las losas del Puente de Acceso y Muelle, se encuentran en el **Anexo VIII**.

## 6.5 PLANOS ESTRUCTURALES DE DISEÑO

Los planos estructurales generados como producto del presente diseño estructural propuesto y que a continuación se mencionan, se encuentran en el **Anexo IX**. Estos son:

- *GEOMETRÍA DEL PUENTE DE ACCESO* *E1*
- *GEOMETRÍA DEL MUELLE* *E2*
- *ESTRUCTURA DE PILOTES PARA PUENTE DE ACCESO Y MUELLE* *E3*
- *ARMADURA DE REFUERZO DE VIGA LONGITUDINAL, TRANSVERSAL Y LOSA DEL PUENTE DE ACCESO* *E4*
- *ARMADURA DE REFUERZO DE VIGA LONGITUDINAL, TRANSVERSAL Y LOSA DEL MUELLE* *E5*
- *CORTES PARA ARMADURA DE LOSAS DE PUENTE DE ACCESO Y MUELLE* *E6*

## CONCLUSIONES

- Durante el proceso del análisis estructural para la elaboración del presente informe se dimensionó la estructura con diversos diámetros de pilotes, dando una serie de variaciones respecto al dimensionamiento de los mismos. Por tal motivo se ha optado por trabajar con únicamente dos diámetros de pilotes para el puente de acceso y para el muelle de embarque lo cual esto a su vez mejorará la producción de dichos pilotes y facilitará el proceso de construcción.
- El incremento de temperatura genera compresiones y tracciones máximas en los elementos estructurales tanto para el puente de acceso como para el muelle pero este efecto es sustancialmente menor frente a los esfuerzos generados por las sollicitaciones sísmicas por lo que se consideran despreciables.
- Es posible obviar el cálculo de las deflexiones de los elementos estructurales como las vigas transversales y longitudinales tanto del puente de acceso como del muelle debido a que la relación entre el peralte y la luz de estas cumplen con la siguiente relación definida por el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.C.) es decir,  $h \geq \frac{L}{16}$ .
- Es importante tener en cuenta los factores de seguridad al momento de considerar las fuerzas de atraque de la nave de diseño ya que puede suscitarse un atraque anormal del mismo.
- El Perú es una zona de alto riesgo sísmico por lo que se debe diseñar la estructura portuaria, llámese puente de acceso y muelle de embarque, de manera tal que resistan las diferentes sollicitaciones tanto de sismo, viento, cargas vivas y muertas y cargas operacionales.



## RECOMENDACIONES

- Al momento de elegir las defensas marinas de una determinada infraestructura portuaria, es recomendable utilizar las gráficas de corrección angular y de fuerza de reacción y de todas las consideraciones que el fabricante indique.
- Es recomendable contemplar la posibilidad de otro amarradero al lado del muelle en estudio, por tal motivo debería de estructurarse dicho muelle con la suficiente cantidad, ubicación y orientación de los pilotes de tal manera que se considere dicha posibilidad.
- Es importante considerar el comportamiento de la estructura tanto del Puente de Acceso como del Muelle frente a las cargas de tsunami o tener un registro de este para contemplarlo en el modelo de diseño, descartando así cualquier solicitud externa a la que pueda ser vulnerable este tipo de estructuras.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- American Institute of Steel Construction, Manual of Steel Construction – Allowable Stress Design, 9<sup>th</sup> Edition, Chicago, 1989.
- 2.- Bridgestone Tire Corporation Co., Marine Fender Design Manual, Tokio.
- 3.- Fuentes Ortiz, César, Ingeniería Portuaria, Lima, 2001.
- 4.- McCormac, Jack y Elling, Rudolf, Análisis de estructuras - Métodos clásico y matricial, Segunda edición, México D. F., 1996.
- 5.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC, Manual de Diseño de Puentes, Lima, 2003.
- 6.- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, Lima, 2006.

## ANEXOS

Anexo I: Energía de Atrache y Especificaciones de los Barcos (la energía de atraque es calculada cuando el punto de atraque es a 1/4 de la eslora).

BUQUE CISTERNA										
Tonelaje de peso muerto	Tonelaje de desplazamiento	Longitud (m)	Ancho (m)	Puntual (m)	Calado completo (m)	Peso adicional (t)	Peso estimado (t)	Energía de atraque (t-m)		
								Velocidad de atraque (m/s)		
								0,1	0,15	0,2
1000	1 333	61	8,9	4,5	4,2	866	2 199	0,6	1,4	2,2
2 000	2 667	76	11,2	5,7	5,1	1 591	4 258	1,1	2,5	4,3
3 000	4 000	87	12,8	6,5	5,7	2 274	6274	1,6	3,6	6,4
4 000	5 333	96	14,0	7,2	6,2	2 969	8 302	2,1	4,7	8,5
5 000	6 667	103	15,1	7,8	6,5	3 501	10 168	2,6	5,9	10,4
6 000	8 000	110	16,0	8,2	6,9	4 214	12 214	3,1	7,0	12,5
7 000	9 331	116	16,8	8,7	7,2	4 838	14 169	3,6	8,1	14,5
8 000	10 667	126	15,7	9,0	7,4	5 552	16 219	4,1	9,2	16,6
10 000	13 333	140	17,2	9,8	7,9	7 030	20 363	5,2	11,7	20,8
12 000	16 000	150	18,4	10,4	8,3	8 314	24 314	6,2	14,0	24,8
15 000	20 000	163	20,0	11,2	8,8	10 156	30 156	7,7	17,3	30,8
17 000	22 667	170	21,0	11,7	9,1	11 327	33 994	8,7	19,6	34,7
20 000	26 667	164	23,7	12,3	9,5	11 909	38 579	9,8	22,1	39,4
25 000	33 333	176	25,5	13,3	10,1	14 446	47 779	12,2	27,5	48,8
30 000	40 000	187	27,1	14,1	10,6	16 906	56 906	14,5	32,6	58,1
35 000	46 667	197	28,5	14,8	11,1	19 530	66 197	16,9	38,0	67,6
40 000	53 333	206	29,7	15,5	11,5	21 920	75 253	19,2	43,2	76,8
45 000	60 000	223	30,5	15,2	11,2	22 507	82 507	21,1	47,5	84,2
50 000	66 667	222	32,0	16,7	12,2	26 586	93 253	23,8	53,6	95,2
60 000	80 000	236	34,0	17,8	12,8	31 111	111 111	28,3	63,7	113,4
65 000	86 667	250	34,0	18,0	13,3	35 581	122 248	31,2	70,2	124,7
70 000	93 333	248	35,7	18,7	13,4	35 830	129 163	33,0	74,3	131,8
80 000	106 640	260	37,3	19,6	13,9	40 419	147 059	37,5	84,4	150,1
85 000	113 333	260	38,1	18,7	14,0	41 002	154 335	39,4	88,7	157,5
100 000	133 333	280	40,1	21,1	14,8	49 347	182 680	46,6	104,9	186,4

Fuente. Tomada del libro de Ingeniería Portuaria, Ing. Cesar Fuentes Ortiz.

**Anexo I: Energía de Atraque y Especificaciones de los Barcos (la energía de atraque es calculada cuando el punto de atraque es a 1/4 de la eslora).**

<b>BUQUE CISTERNA</b>										
Tonelaje de peso muerto	Tonelaje de desplazamiento	Longitud (m)	Ancho (m)	Puntual (m)	Calado completo (m)	Peso adicional (t)	Peso estimado (t)	Energía de atraque (t-m)		
								Velocidad de atraque (m/s)		
								0,1	0,15	0,2
120 000	160 000	297	42,6	22,4	15,5	57 412	217 412	55,5	124,9	221,9
150 000	200 000	320	45,8	24,1	16,5	70 097	270 097	68,9	155,0	275,6
200 000	272 000	326	49,8	23,2	17,7	82 178	354 178	90,4	203,4	361,4
250 000	333 333	338	51,8	26,7	20,6	115 410	448 743	114,5	257,6	457,9
<b>BARCO CONTENEDOR</b>										
Tonelaje bruto	Tonelaje de peso muerto	longitud (m)	Ancho (m)	Puntual (m)	Calado completo (m)	Peso adicional (t)	Peso estimado (t)	Energía de atraque (t-m)		
								Velocidad de atraque (m/s)		
								0,1	0,15	0,2
16 240	19 636	187,0	26,0	15,0	10,5	16 596	46 050	11,7	26,4	47,0
17 184	16 977	208,8	23,8	14,3	9,2	14 227	39 639	10,1	22,8	40,4
21 057	20 400	196,0	27,6	16,6	10,5	17 395	47 995	12,2	27,5	49,0
23 600	23 650	212,5	30,0	16,3	10,5	18 860	54 335	13,9	31,2	55,4
40 000	26 100	242,0	332,2	19,6	10,5	21 478	60 628	15,5	34,8	61,9
51 500	28 900	245,0	32,2	24,0	11,0	23 864	67 214	17,1	38,6	68,6
54 500	33 600	252,0	32,2	24,4	11,0	24 546	74 946	19,1	43,0	76,5
<b>BARCO MINERO</b>										
Tonelaje de peso muerto	Tonelaje de desplazamiento	Longitud (m)	Ancho (m)	Puntual (m)	Calado completo (m)	Peso adicional (t)	Peso estimado (t)	Energía de atraque (t-m)		
								Velocidad de atraque (m/s)		
								0,1	0,15	0,2
1 000	1 333	61	8,9	4,8	4,3	906	2 239	0,8	1,8	2,3
2 000	2 667	77	11,1	6,0	5,1	1 611	4 278	1,1	2,5	4,4
3 000	4 000	88	12,7	6,8	5,9	2 300	6 300	1,6	3,6	6,4
4 000	5 333	96	13,9	7,5	6,1	2 874	8 207	2,1	4,7	8,4
5 000	6 667	104	14,9	8,1	6,5	3 535	10 202	2,6	5,9	10,4
6 000	8 000	118	16,6	8,3	6,9	4 520	12 520	3,2	7,2	12,8
7 000	10 667	130	17,6	9,5	7,4	5 728	16 395	4,2	9,5	16,7
10 000	13 333	140	18,5	10,5	7,9	7 030	20 363	5,2	11,7	20,8
12 000	16 000	150	19,4	11,2	8,5	8 720	24 720	6,3	14,2	25,2
15 000	20 000	149	21,3	11,5	8,6	8 867	28 867	7,4	16,7	29,5
20 000	26 667	164	23,4	12,7	9,2	11 169	37 836	9,7	21,8	38,6

Fuente. Tomada del libro de Ingeniería Portuaria, Ing. Cesar Fuentes Ortiz.



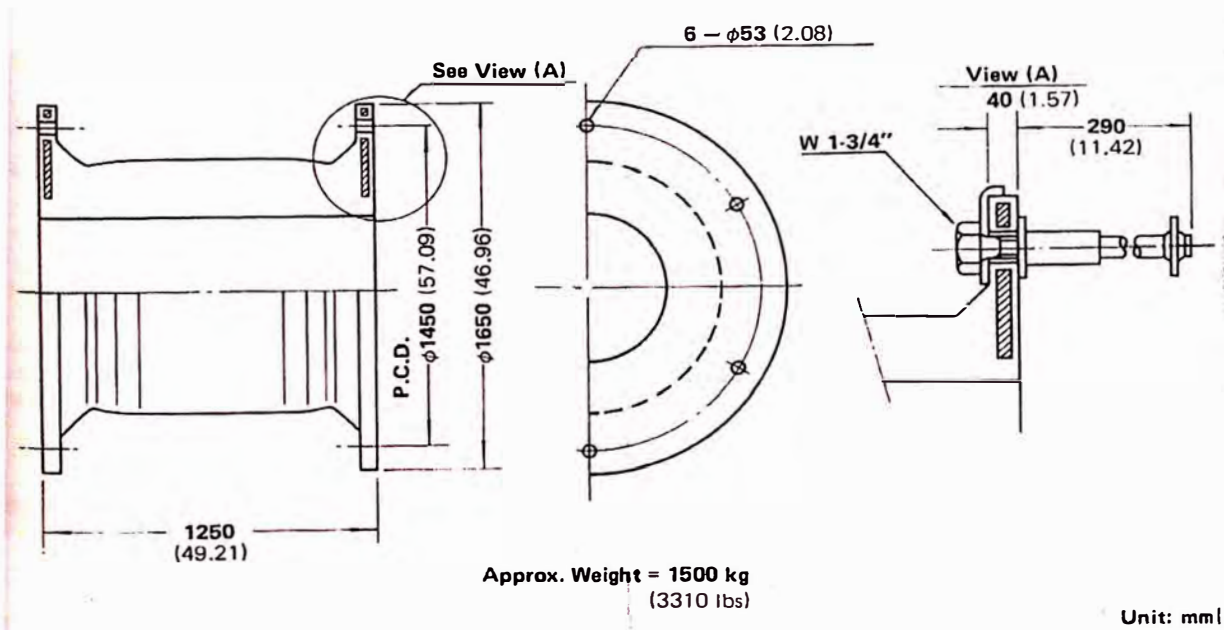
**Anexo I: Energía de Atraque y Especificaciones de los Barcos (la energía de atraque es calculada cuando el punto de atraque es a 1/4 de la eslora).**

<b>BARCO MINERO</b>										
Tonelaje de peso muerto	Tonelaje de desplazamiento	Longitud (m)	Ancho (m)	Puntual (m)	Calado completo (m)	Peso adicional (t)	Peso estimado (t)	Energía de atraque (t-m)		
								Velocidad de atraque (m/s)		
								0,1	0,15	0,2
25 000	33 333	176	25,1	13,6	9,8	13 600	46 933	12,0	27,0	47,9
30 000	40 000	187	26,6	14,4	10,3	15 962	55 962	14,3	32,2	57,1
40 000	53 333	206	29,2	15,9	11,0	20 055	73 388	18,7	42,1	74,9
50 000	66 667	222	31,4	17,1	11,7	24 451	91 118	23,2	52,2	93,0
60 000	80 000	2335	33,3	18,1	12,3	28 606	108 606	27,7	62,3	110,8
70 000	93 333	248	35,0	19,0	12,8	32 693	126 026	32,2	72,5	128,6
80 000	106 667	259	36,6	19,9	13,2	36 310	142 977	36,5	82,1	145,9
100 000	133 333	278	39,3	21,4	14,0	43 841	177 174	45,2	101,7	180,8
150 000	200 000	300	45,0	25,0	16,0	61 795	261 795	66,8	150,3	267,2
200 000	266 667	315	50,0	28,0	18,0	82 120	348 787	89,0	200,3	356,0
250 000	333 333	330	53,5	30,0	20,5	111 587	444 920	113,5	255,4	454,0
<b>BUQUE CARGUERO</b>										
Tonelaje de peso muerto	Tonelaje de desplazamiento	Longitud (m)	Ancho (m)	Puntual (m)	Calado completo (m)	Peso adicional (t)	Peso estimado (t)	Energía de atraque (t-m)		
								Velocidad de Atraque (m/s)		
								0,1	0,15	0,2
1000	1 333	60	9,3	4,4	4,1	812	2 147	0,6	1,4	2,2
2 000	2 667	77	11,5	5,8	5,1	1 611	4 278	1,1	2,5	4,4
3 000	4 000	90	13,1	6,8	5,7	2 353	6 353	1,6	3,6	6,5
4 000	5 333	100	14,3	7,7	6,3	3 193	8 526	2,2	5,0	8,7
5 000	6 667	109	15,3	8,4	6,7	3 937	10 604	2,7	6,1	10,8
6 000	8 000	117	16,2	9,0	7,1	4 746	12 746	3,3	7,4	13,0
7 000	9 333	124	17,0	9,6	7,5	5 612	14 945	3,8	8,6	15,3
8 000	10 667	130	17,7	10,1	7,8	6 364	17 031	4,3	9,7	17,4
9 000	12 000	136	18,4	10,6	8,1	7 179	19 179	4,9	11,0	19,6
10 000	13 333	142	19,0	11,1	8,3	7 871	21 204	5,4	12,2	21,6
12 000	16 000	152	20,1	11,9	8,9	9 471	25 471	6,5	14,6	26,0
15 000	20 000	165	21,6	13,0	9,0	11 981	31 981	8,2	18,5	32,6
17 000	22 000	173	22,4	13,7	9,7	13 368	36 035	9,2	20,7	36,8
20 000	26 000	184	23,6	14,6	10,3	15 706	42 373	10,8	24,3	43,2

Fuente. Tomada del libro de Ingeniería Portuaria, Ing. Cesar Fuentes Ortiz.

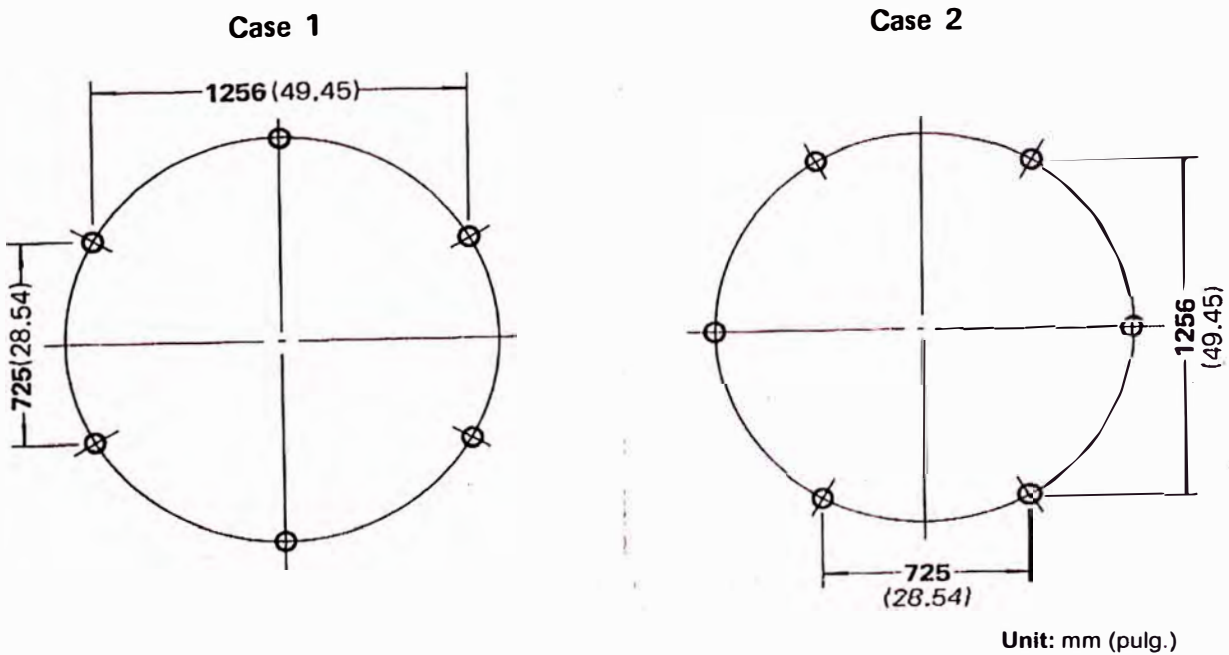
**Anexo II: Características de la Defensa Marina SUC1250H.**

• **Dimensiones de la defensa**



*Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Defensas Marinas de Bridgestone.*

• **Ubicación de los orificios para instalar la defensa**



*Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Defensas Marinas de Bridgestone.*

**Anexo III: Rendimiento de la Defensa Marina SUC1250H.**

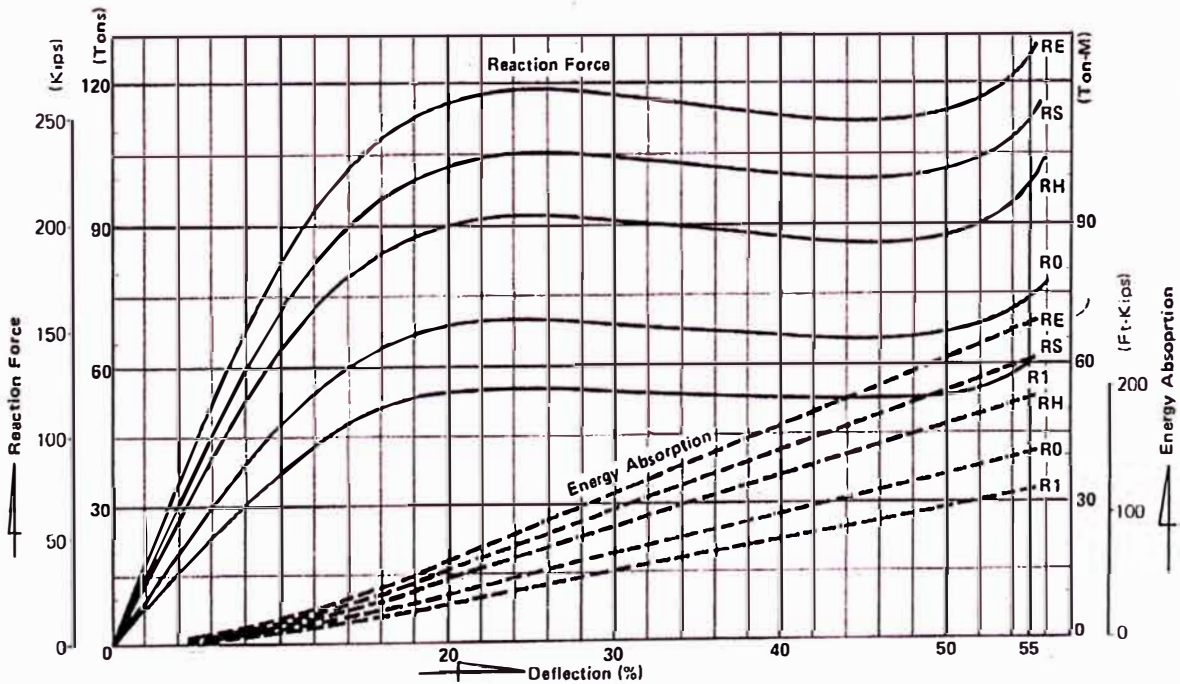
- Rendimiento de la defensa**

Rubber grade	Rated reaction force	Maximum reaction force	Rated energy absorption	Maximum energy absorption
	Tons Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Ton-M Ft-Kips
RE	117.6 259.3	125.0 275.6	64.5 466.7	68.3 494.2
RS	104.3 230.0	110.9 244.5	57.3 414.6	60.6 438.4
RH	90.4 199.3	96.1 211.9	49.6 358.9	52.6 380.6
RO	69.6 153.5	73.9 162.9	38.2 276.4	40.4 292.3
R1	55.6 122.6	59.2 130.5	30.5 220.7	32.3 233.7

Maximum deflection: 52.5% Tolerance: ± 10%  
 Minimum deflection: 55%

*Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Defensas Marinas de Bridgestone.*

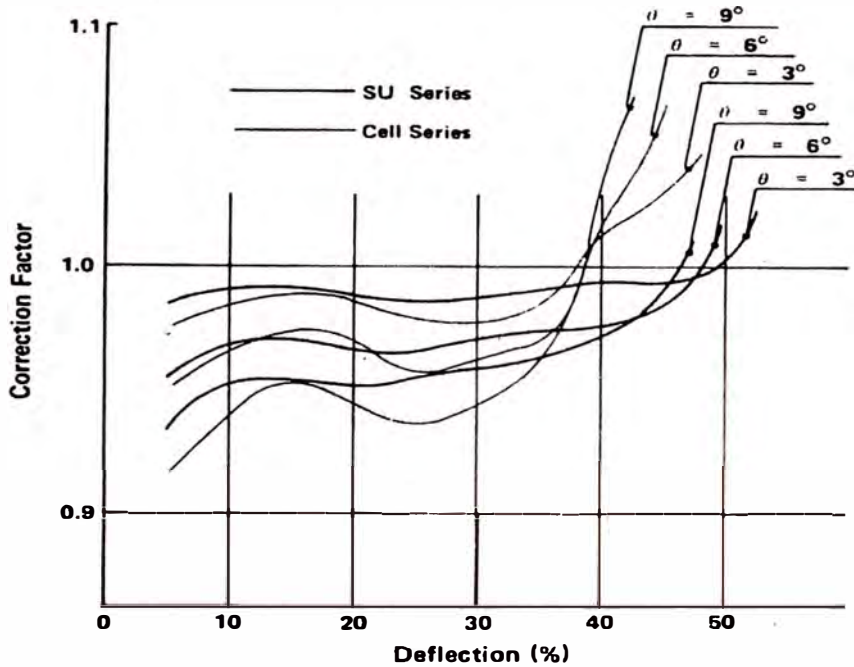
- Curva de rendimiento de la defensa**



*Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Defensas Marinas de Bridgestone.*

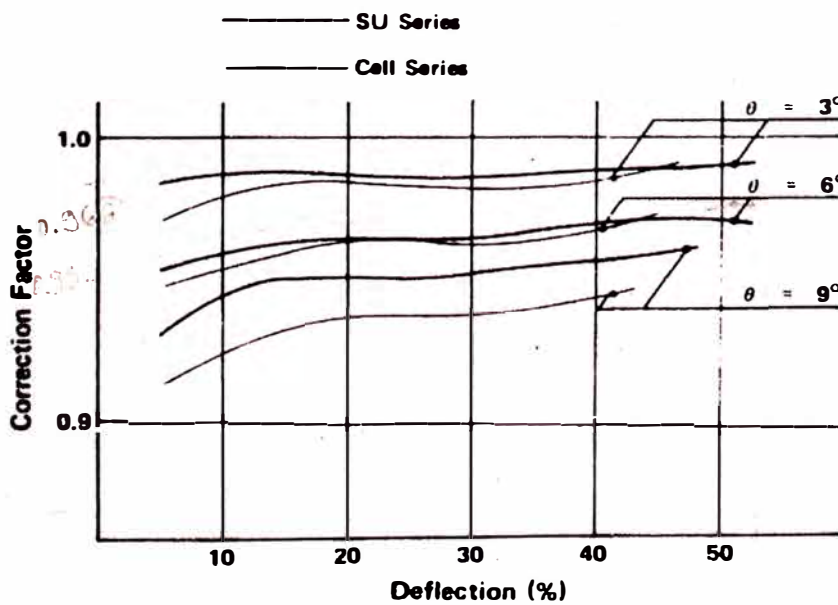
**Anexo IV: Gráficas para determinar los factores de corrección de la fuerza de reacción y de la energía de absorción de las defensas según el ángulo de ataque.**

- **Factor de corrección para la fuerza de reacción**



Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Defensas Marinas de Bridgestone.

- **Factor de corrección para la energía de absorción**



Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Defensas Marinas de Bridgestone.

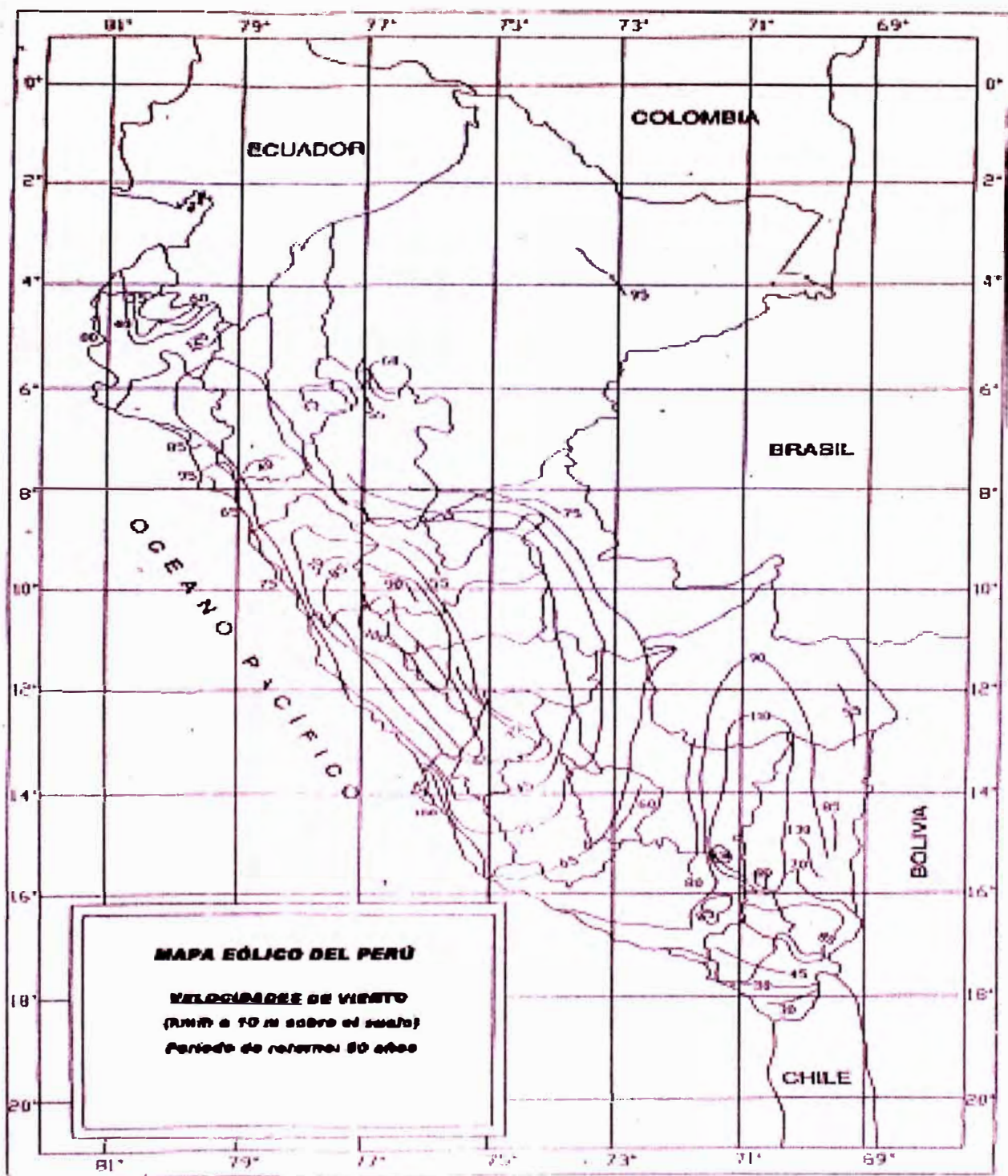


**Anexo V:** Datos obtenidos (ángulos de atraque) para cada condición de operación en ocho amarraderos de puertos japoneses.

<b>Caso 1:</b> Atraque localizado en un puerto en el cual las condiciones de operación son moderadas <b>Caso 2:</b> Atraque en mar abierto donde las condiciones de operación son relativamente severas <b>Caso 3:</b> Atraque en mar abierto donde las condiciones de operación son muy severas						
	Amarraderos	Tamaño del barco (DWT)	Atraque	Angulo de atraque		
				Rango	Prom.	Nro. datos
Caso 1	Compañía T (atraque K)	75 000 - 250 000	1er impacto	0° - 5° 50'	2°	19
	Compañía T (atraque S)	50 000 - 245 000	1er impacto	0° - 2° 30'	50'	15
	Compañía N (N°3)	21 000 - 280 000	1er impacto	50' - 4° 10'	1° 25'	14
	Compañía N (N°4)	160 000 - 480 000	1er impacto	50'	50'	5
	Compañía N	60 000 - 170 000	1er impacto	0° - 40'	30'	9
Caso 2	Compañía K	155 000 - 250 000	1er impacto	50' - 20° 10'	1° 25'	6
	Compañía O	100 000 - 250 000	1er impacto	0° - 3° 50'		22
Caso3	Compañía I	100 000 - 220 000	1er impacto	0° - 5° 10'	1° 30'	7

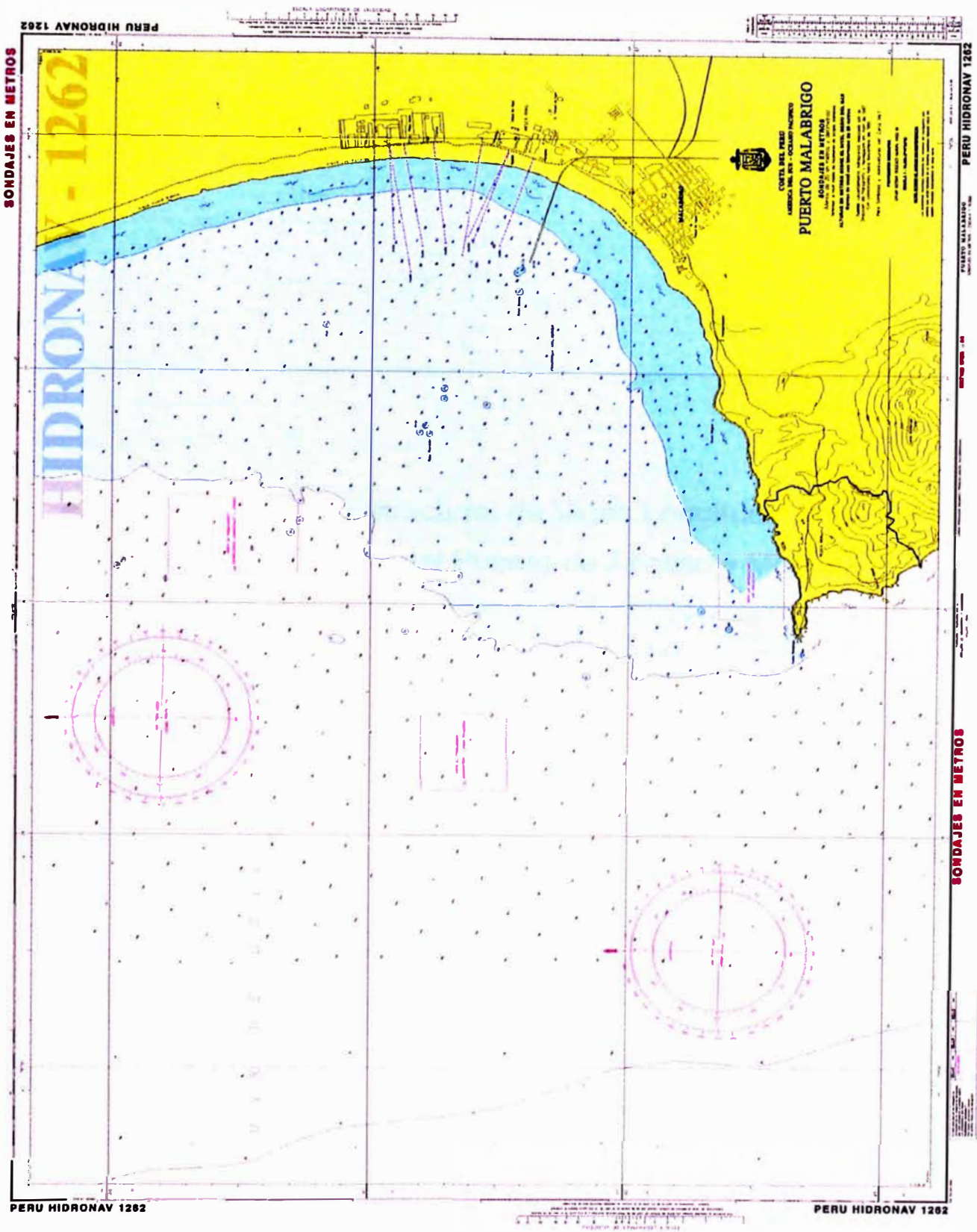
*Fuente. Tomada del Manual de Diseño de Defensas Marinas de Bridgestone.*

**Anexo VI:** Mapa eólico para determinar las velocidades del viento en diferentes zonas del Perú.



**Fuente.** Tomada de la Norma Técnica E020 – Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNC).

## Anexo VII: Plano batimétrico del Puerto Malabrigo



Fuente. Tomada de los archivos dados en el Curso de Titulación 2010-II, Ing. Luis Domínguez Dávila.

**Anexo VIII: Diseño Estructural de Vigas Longitudinales,  
Transversales y Losas del Puente de Acceso y Muelle.**



## Para el Puente de Acceso

Con la ayuda del programa de diseño estructural SAP 2000 determinamos los mayores esfuerzos como momentos flectores y cortantes, producidos por las cargas indicadas en el capítulo VI del presente informe. Por tal motivo, se analizará la viga longitudinal o transversal donde se produzcan los mayores esfuerzos antes mencionados así como la losa armada de espesor de 0.25m propuesta. Entonces se tiene:

- **Diseño de Vigas Longitudinales (VL-P)**

Características de la viga y parámetros de diseño:

$$L = 1000cm$$

$$\phi_1 = 36mm \text{ (positivo)}$$

$$h = 90cm$$

$$\phi_2 = 36mm \text{ (negativo)}$$

$$b = 50cm$$

$$\phi_{Estribo} = 12mm$$

$$b_w = 140cm$$

$$d = h - rec_i - \phi_{Estribo} - 0.5 * \phi = 81.58cm$$

$$rec_i = 6.5cm$$

$$d' = rec_s + \phi_{Estribo} + 0.5 * \phi = 6.92cm$$

$$rec_s = 5cm$$

$$\omega = 0.4$$

$$\Phi = 0.9$$

$$hf = 25cm$$

$$\rho_b = 0.0333$$

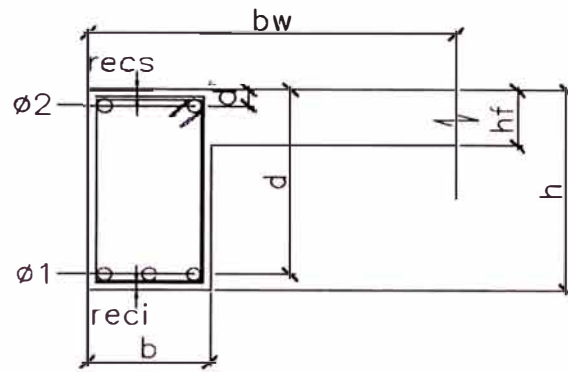
$$\rho_{min} \left| \frac{14}{f_y} = 0.00333 \right.$$

$$f_s = f_s(d', d, \omega) = 4200 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\left. 0.8 * \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0.00445 \right|$$

$$f'c = 350 \text{ Kgf/cm}^2$$

Gráficamente tenemos:



Luego, de los diagramas de solicitaciones de momento máximo sobre la viga obtenida mediante la ayuda del programa SAP 2000 tenemos los siguientes valores negativos y positivos:

$$M_{niz} = 275Ton - m$$

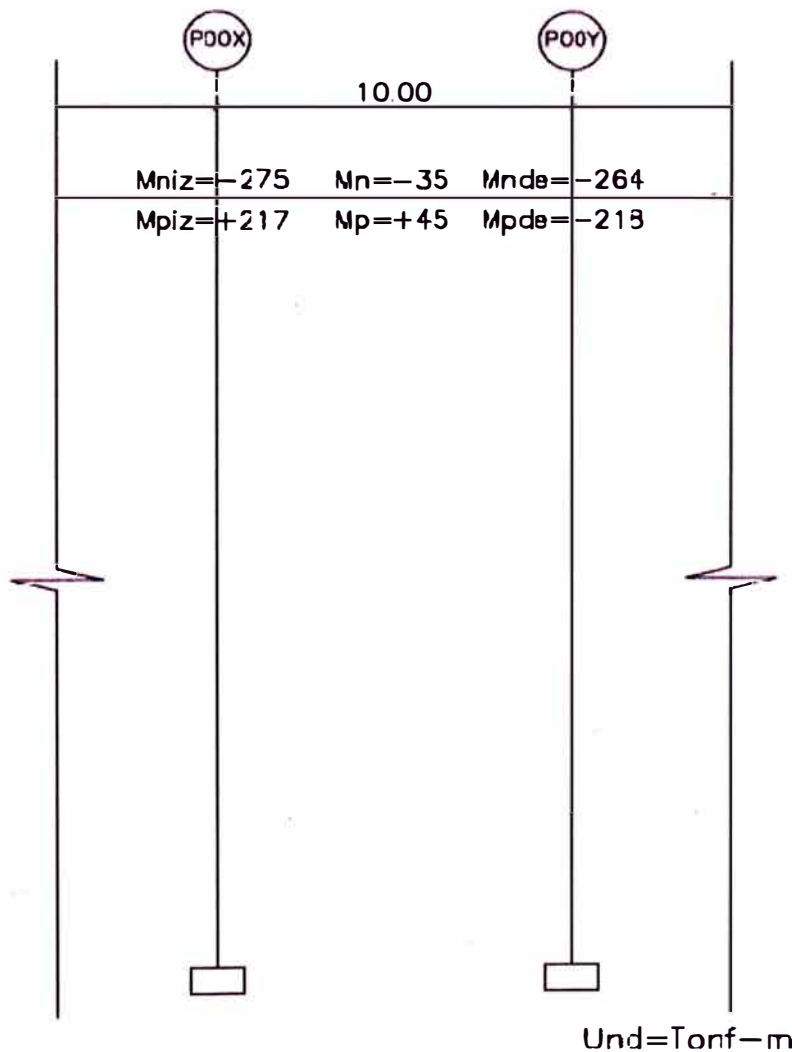
$$M_n = 35Ton - m$$

$$M_{nde} = 264Ton - m$$

$$M_{piz} = 217Ton - m$$

$$M_p = 45Ton - m$$

$$M_{pde} = 218Ton - m$$



Ahora, haciendo uso de las relaciones del código de diseño ACI 318 para la armadura requerida, tenemos:

$$A_{niz} = A_{sn}(M_{niz}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{niz} = 116.65cm^2$$

$$A_{piz} = A_{sp}(M_{piz}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{piz} = 72.491cm^2$$

$$A_{nde} = A_{sn}(M_{nde}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{nde} = 110cm^2$$

$$A_{pde} = A_{sp}(M_{pde}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{pde} = 72.84cm^2$$

$$A_n = A_{sn}(M_n, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_n = 15.46cm^2$$

$$A_p = A_{sp}(M_p, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_p = 19.52cm^2$$

Entonces la propuesta será:

$$A_{niz} = 12\phi 1\frac{3}{8} + 1\phi\frac{3}{4} = 117.81cm^2$$

$$A_{piz} = 8\phi 1\frac{3}{8} = 76.64cm^2$$

$$A_{nde} = 12\phi 1\frac{3}{8} + 1\phi\frac{3}{4} = 117.81cm^2$$

$$A_{pde} = 8\phi 1\frac{3}{8} = 76.64cm^2$$

$$A_n = 8\phi 1\frac{3}{8} = 76.64cm^2$$

$$A_p = 8\phi 1\frac{3}{8} = 76.64cm^2$$

Luego los momentos resistentes serán:

$$M_{niz} = \Phi * M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{niz} = 290\text{Ton} - m$$

$$a_f = a(A_{piz}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 5.363\text{cm}$$

$$M_{piz} = \begin{cases} \Phi * M(A_{piz}, d, b_w, d', A_{niz}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{piz} = 225.7\text{Ton} - m \\ \Phi * M_t(A_{piz}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$M_{nde} = \Phi * M(A_{nde}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{nde} = 290\text{Ton} - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 5.363\text{cm}$$

$$M_{pde} = \begin{cases} \Phi * M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{pde} = 225.7\text{Ton} - m \\ \Phi * M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$a_f = a(A_p, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 5.363\text{cm}$$

$$M_p = \begin{cases} \Phi * M(A_p, d, b_w, d', A_n, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_p = 225.7\text{Ton} - m \\ \Phi * M_t(A_p, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$M_n = \Phi * M(A_n, d, b, d', A_p, f_s, \omega) \rightarrow M_n = 290\text{Ton} - m$$

### Verificación por corte

Entonces tomamos el corte máximo producido en la sección de la viga, luego:

$$V_m = 115\text{Tonf}$$

El corte por carga permanente es:

$$V_{cp} = 25\text{Tonf}$$

Entonces para el corte  $V_e$ :

$$\omega = 1.25$$



$$M_{npr} = M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{npr} = 384.3Ton - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 6.704cm$$

$$M_{ppr} = \begin{cases} M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \\ M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases} \rightarrow M_{ppr} = 318.4Ton - m$$

$$V_e = \frac{M_{npr} + M_{ppr}}{L} + V_{cp} \rightarrow V_e = 142.114Tonf$$

$$\phi_c = 1 \text{ (del capitulo 21 ACI - 318)}$$

Entonces:

$$V_u = \max(V_m, V_e) \rightarrow V_u = 142.114Tonf$$

$$V_c = \begin{cases} 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d, & \text{si } V_e < 0.5 * V_m \\ 0, & \text{ó} \end{cases} \rightarrow V_c = 0Tonf$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi_c} - V_c \rightarrow V_s = 142.1Tonf$$

$$V_{smax} = 2.2 * \sqrt{f'_c} * b * d \rightarrow V_{smax} = 155.4Tonf$$

Luego:

$$s = 10cm$$

Entonces:

$$A_v = \frac{V_s * s}{f_y * d} \rightarrow A_v = 4.15cm^2$$

Por lo tanto proponemos doble estribo de  $\phi = 1/2"$ , entonces:

$$A_v = 2 * 2 * 1.27 = 5.08 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad \text{Estribo } 2\phi 1/2" @ 0.10 \text{ m}$$

- **Diseño de Vigas Transversales (VT-P)**

Características de la viga y parámetros de diseño:

$$L = 700 \text{ cm} \qquad \phi_1 = 36 \text{ mm (positivo)}$$

$$h = 90 \text{ cm} \qquad \phi_2 = 36 \text{ mm (negativo)}$$

$$b = 50 \text{ cm} \qquad \phi_{\text{Estribo}} = 12 \text{ mm}$$

$$rec_i = 6.5 \text{ cm} \qquad d = h - rec_i - \phi_{\text{Estribo}} - 0.5 * \phi = 81.58 \text{ cm}$$

$$rec_s = 5 \text{ cm} \qquad d' = rec_s + \phi_{\text{Estribo}} + 0.5 * \phi = 6.92 \text{ cm}$$

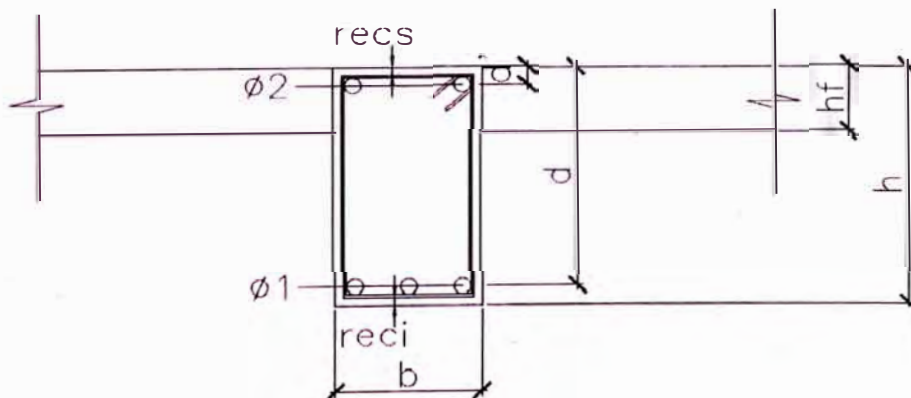
$$hf = 25 \text{ cm} \qquad \omega = 0.4$$

$$\Phi = 0.9 \qquad \rho_b = 0.0333 \qquad \rho_{\text{min}} \left| \frac{14}{f_y} = 0.00333 \right.$$

$$f_s = f_s(d', d, \omega) = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \qquad \left| 0.8 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = 0.00445 \right.$$

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

Gráficamente tenemos:



Luego, de los diagramas de solicitaciones de momento máximo sobre la viga obtenida mediante la ayuda del programa SAP 2000 tenemos los siguientes valores negativos y positivos:

$$M_{niz} = 81Ton - m$$

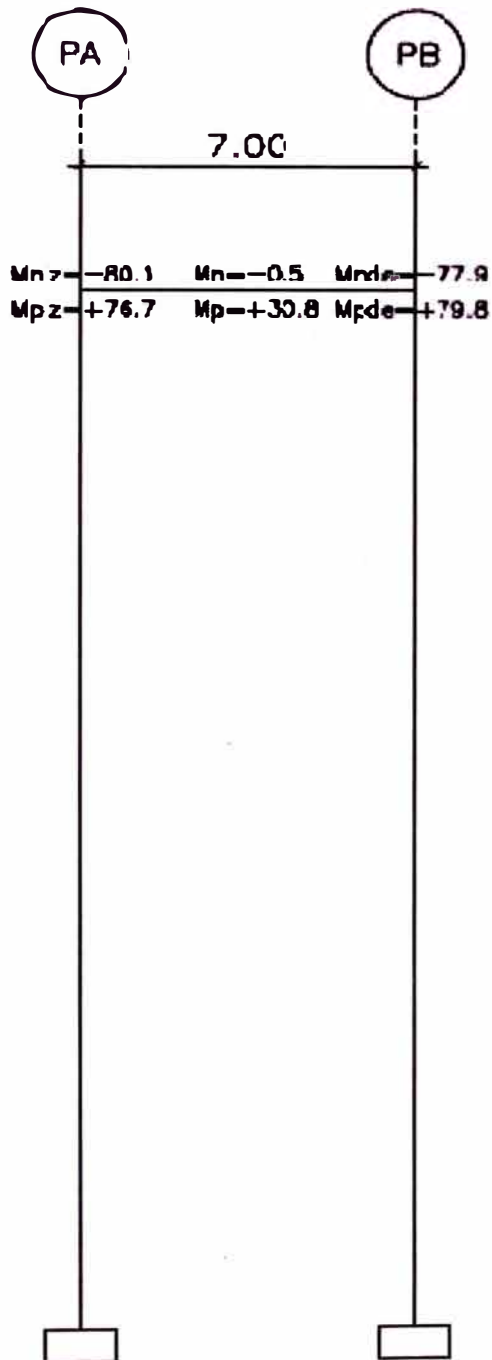
$$M_n = 0.5Ton - m$$

$$M_{nde} = 78Ton - m$$

$$M_{piz} = 78Ton - m$$

$$M_p = 31Ton - m$$

$$M_{pde} = 80Ton - m$$



Und=Tonf-m

Ahora, haciendo uso de las relaciones del código de diseño ACI 318 para la armadura requerida, tenemos:

$$A_{niz} = A_{sn}(M_{niz}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{niz} = 27.831cm^2$$

$$A_{piz} = A_{sp}(M_{piz}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{piz} = 34.358cm^2$$

$$A_{nde} = A_{sn}(M_{nde}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{nde} = 27.73cm^2$$

$$A_{pde} = A_{sp}(M_{pde}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{pde} = 34.66cm^2$$

$$A_n = A_{sn}(M_n, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_n = 0.97cm^2$$

$$A_p = A_{sp}(M_p, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_p = 13.48cm^2$$

Entonces la propuesta será:

$$A_{niz} = 4\phi 1 \frac{3}{8} = 38.32cm^2$$

$$A_{piz} = 4\phi 1 \frac{3}{8} = 38.32cm^2$$

$$A_{nde} = 4\phi 1 \frac{3}{8} = 38.32cm^2$$

$$A_{pde} = 4\phi 1 \frac{3}{8} = 38.32cm^2$$

$$A_n = 4\phi 1 \frac{3}{8} = 38.32cm^2 \text{ (por razones constructivas)}$$

$$A_p = 4\phi 1 \frac{3}{8} = 38.32cm^2 \text{ (por razones constructivas)}$$

Luego los momentos resistentes serán:

$$M_{niz} = \Phi * M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \quad \rightarrow \quad M_{niz} = 106.9Ton - m$$



$$a_f = a(A_{piz}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 5.363cm$$

$$M_{piz} = \begin{cases} \Phi * M(A_{piz}, d, b_w, d', A_{niz}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{piz} = 115.3Ton - m \\ \Phi * M_t(A_{piz}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$M_{nde} = \Phi * M(A_{nde}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{nde} = 106.9Ton - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 5.363cm$$

$$M_{pde} = \begin{cases} \Phi * M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{pde} = 115.3Ton - m \\ \Phi * M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$a_f = a(A_p, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 5.363cm$$

$$M_p = \begin{cases} \Phi * M(A_p, d, b_w, d', A_n, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_p = 115.3Ton - m \\ \Phi * M_t(A_p, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$M_n = \Phi * M(A_n, d, b, d', A_p, f_s, \omega) \rightarrow M_n = 106.9Ton - m$$

### Verificación por corte

Entonces tomamos el corte máximo producido en la sección de la viga, luego:

$$V_m = 40Tonf$$

El corte por carga permanente es:

$$V_{cp} = 15Tonf$$

Entonces para el corte  $V_e$ :

$$\omega = 1.25$$

$$M_{npr} = M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{npr} = 148.3Ton - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 23.47 \text{ cm}$$

$$M_{ppr} = \begin{cases} M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \\ M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases} \rightarrow M_{ppr} = 530.2 \text{ Ton} - m$$

$$V_e = \frac{M_{npr} + M_{ppr}}{L} + V_{cp} \rightarrow V_e = 150.7 \text{ Tonf}$$

$$\phi_c = 1 \text{ (del capítulo 21 ACI - 318)}$$

Entonces:

$$V_u = \max(V_m, V_e) \rightarrow V_u = 150.7 \text{ Tonf}$$

$$V_c = \begin{cases} 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d, & \text{si } V_e < 0.5 * V_m \\ 0, & \text{ó} \end{cases} \rightarrow V_c = 0 \text{ Tonf}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi_c} - V_c \rightarrow V_s = 150.7 \text{ Tonf}$$

$$V_{smax} = 2.2 * \sqrt{f'_c} * b * d \rightarrow V_{smax} = 155.4 \text{ Tonf}$$

Luego:

$$s = 10 \text{ cm}$$

Entonces:

$$A_v = \frac{V_s * s}{f_y * d} \rightarrow A_v = 4.4 \text{ cm}^2$$

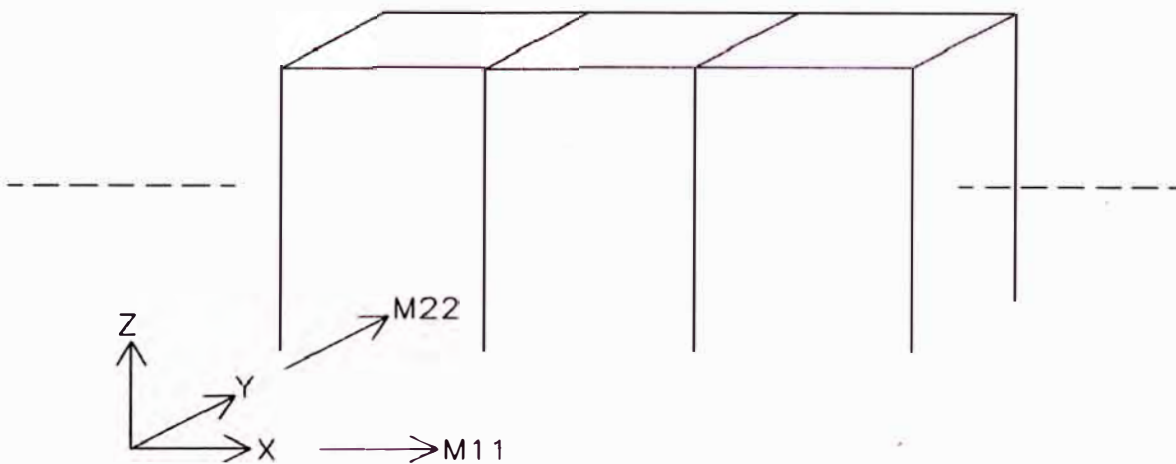
Por lo tanto proponemos doble estribo de  $\phi = 1/2"$ , entonces:

$$A_v = 2 * 2 * 1.27 = 5.08 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Estribo } 2\phi 1/2" @ 0.10 \text{ m}$$

- **Diseño de la Losa Armada ( $e=0.25m$ )**

Para el diseño de la losa armada se tiene en cuenta la carga por peso propio (PP), las cargas derivadas de la faja transportadora, la sobrecarga de 1Ton/m<sup>2</sup> y las cargas de tráfico correspondiente al camión de diseño estándar AASHTO HS20-44 indicadas en el capítulo VI del presente informe.

Es importante definir la dirección de los esfuerzos por flexión o momentos flectores sobre las losas por lo que se han analizado de acuerdo al siguiente esquema referencial:



Con la determinación de los esfuerzos por flexión generados con la ayuda del programa SAP 2000, entonces tenemos:

### **Diseño de la losa armada**

#### **A. Momento $M_{11}$ -Refuerzo en vano (+)**

##### **a. Características de la losa**

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa →  $h = 0.25m$

Recubrimiento →  $rec = 6.5cm$

Ancho unitario  $\rightarrow b = 1m$

- Armadura propuesta

Tipo	Diámetro	Espaciamiento
Refuerzo	$\varnothing 1=1/2''$	$a_1=200mm$
Bastón	$\varnothing 2=1/2''$	$a_2=200mm$

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \rightarrow A_s = 11.3cm^2$$

Altura efectiva  $\rightarrow d = h - rec - \phi_1 = 0.173m$  (momento secundario)

### **b. Capacidad en flexión ACI 318**

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 1.862cm$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_s * f_y * \left( d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi M_n = 7.14Ton - m > 6.54Ton - m \dots Ok$$

### **c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350Kg/cm^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{Kgf}{cm^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \rightarrow \phi V_n = 14.82 Tonf$$



## **B. Momento M11-Refuerzo en apoyo (-)**

### **a. Características de la losa**

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa →  $h = 0.25m$

Recubrimiento →  $rec = 5cm$

Ancho unitario →  $b = 1m$

- Armadura propuesta

<b>Tipo</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Espaciamiento</b>
<b>Refuerzo</b>	$\varnothing 1=1/2"$	$a_1=200mm$
<b>Bastón</b>	$\varnothing 2=1/2"$	$a_2=200mm$

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \rightarrow A_s = 11.3cm^2$$

Altura efectiva →  $d = h - rec - \phi_1 = 0.188m$  (momento secundario)

### **b. Capacidad en flexión ACI 318**

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 1.862cm$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_s * f_y * \left( d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi M_n = 7.79Ton - m > 5.31Ton - m \dots Ok$$

### **c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350Kg/cm^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \quad \rightarrow \quad \phi V_n = 14.82 \text{ Tonf}$$

### C. Momento M22-Refuerzo en vano (+)

#### a. Características de la losa

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa  $\rightarrow h = 0.25m$

Recubrimiento  $\rightarrow rec = 6.5cm$

Ancho unitario  $\rightarrow b = 1m$

- Armadura propuesta

Tipo	Diámetro	Espaciamiento
Refuerzo	Ø1=1/2"	a1=200mm
Bastón	Ø2=1/2"	a2=200mm

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \quad \rightarrow \quad A_s = 11.3cm^2$$

Altura efectiva  $\rightarrow d = h - rec - \frac{\phi_1}{2} = 0.179m$  (momento principal)

### **b. Capacidad en flexión ACI 318**

$$a = \frac{A_S * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 1.862 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_S * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \rightarrow \phi M_n = 7.4 \text{ Ton} - \text{m} > 7.15 \text{ Ton} - \text{m} \dots \text{Ok}$$

### **c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \rightarrow \phi V_n = 14.114 \text{ Tonf}$$

## **D. Momento M22-Refuerzo en apoyo (-)**

### **a. Características de la losa**

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa  $\rightarrow h = 0.25 \text{ m}$

Recubrimiento  $\rightarrow \text{rec} = 5 \text{ cm}$

Ancho unitario  $\rightarrow b = 1 \text{ m}$

- Armadura propuesta

Tipo	Diámetro	Espaciamiento
Refuerzo	Ø1=1/2"	a1=200mm
Bastón	Ø2=1/2"	a2=200mm

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \rightarrow A_s = 11.3 \text{ cm}^2$$

Altura efectiva  $\rightarrow d = h - rec - \frac{\phi_1}{2} = 0.194 \text{ m}$  (momento principal)

### **b. Capacidad en flexión ACI 318**

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 1.862 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_s * F_y * \left( d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi M_n = 8.05 \text{ Ton} - \text{m} > 5.02 \text{ Ton} - \text{m} \dots Ok$$

### **c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \rightarrow \phi V_n = 15.3 \text{ Tonf}$$

Adicionalmente es importante conocer el porcentaje de la participación de masa de nuestra estructura en nuestro análisis sísmico, entonces:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.962674	1.003E-07	0.662259	1.003E-07	0.662259
MODAL	Mode	2	1.328295	0.968755	4.624E-07	0.968755	0.66226
MODAL	Mode	3	1.090785	4.088E-07	0.276601	0.968755	0.938861
MODAL	Mode	4	0.200677	7.46E-10	0.000397	0.968755	0.939258
MODAL	Mode	5	0.200224	6.221E-07	2.071E-09	0.968756	0.939258
MODAL	Mode	6	0.199776	0.000792	2.487E-10	0.969548	0.939258
MODAL	Mode	7	0.199692	4.632E-08	1.613E-09	0.969548	0.939258
MODAL	Mode	8	0.197969	1.669E-11	0.000298	0.969548	0.939556
MODAL	Mode	9	0.197534	4.075E-07	1.485E-09	0.969548	0.939556
MODAL	Mode	10	0.197088	0.000869	4.701E-10	0.970417	0.939556
MODAL	Mode	11	0.196989	5.689E-08	0.000001057	0.970417	0.939557
MODAL	Mode	12	0.195218	5.796E-11	0.000255	0.970417	0.939812

Determinando el peso sísmico:

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Ton	Ton	Ton
MAT	LinStatic	-1.776E-15	2.665E-15	137.2
SC	LinStatic	-3.02E-14	3.109E-14	6930.2
DEAD	LinStatic	0	9.13E-13	7800.528
DL-eq	LinStatic	-7.55E-15	-3.109E-15	64.68

Peso sísmico(Ton) 11467.408

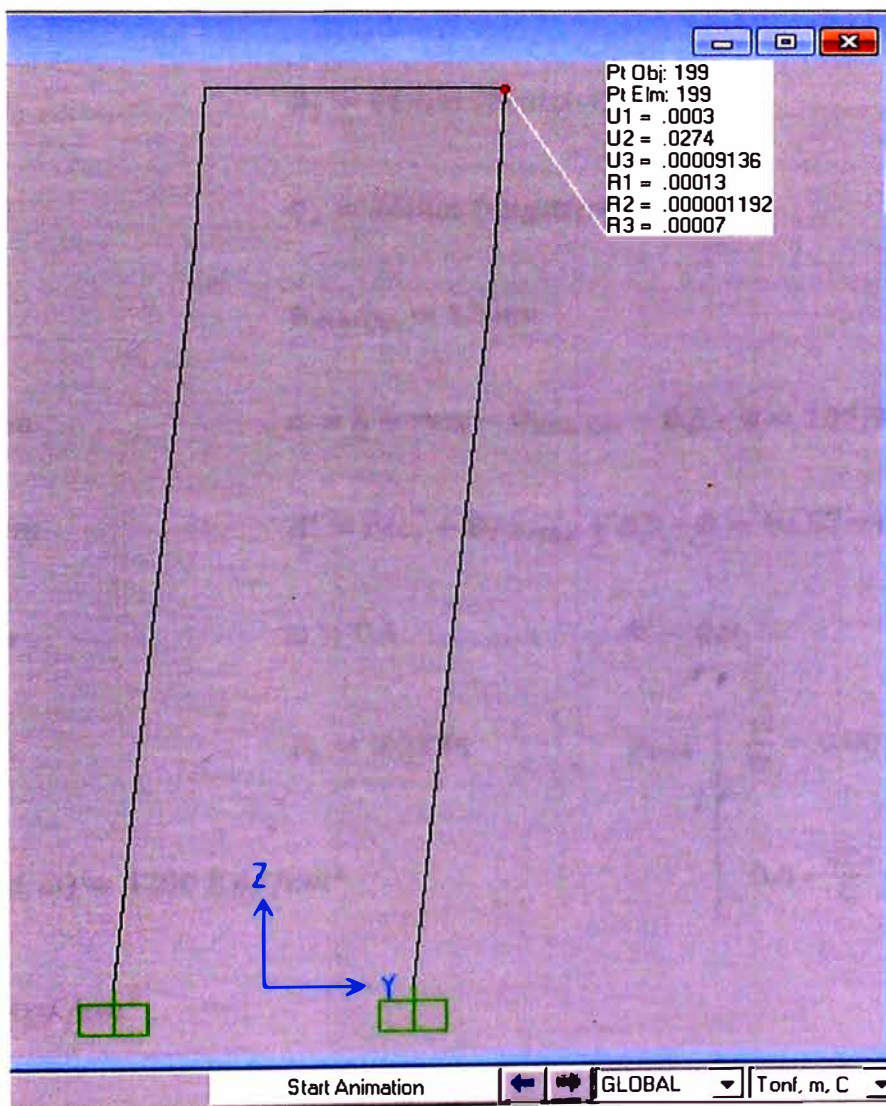
Cortantes basales:

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Ton	Ton
Sx-Sp	LinRespSpec	Max	1087.015	0.3216
Sy-Sp	LinRespSpec	Max	0.3217	1087.015
Peso sísmico:(Ton)			11467.408	
Coeficiente sísmico longitudinal equivalente			0.0948	
Coeficiente sísmico transversal equivalente			0.0948	



**Nota:** El coeficiente sísmico es el valor del  $\frac{ZUCS}{R}$ , donde dichos parámetros ya se han definido en el capítulo VI del presente informe.

Finalmente controlamos los desplazamientos laterales permisibles y para lo cual se hace referencia a la Norma Técnica Peruana E-030 donde menciona que el máximo desplazamiento para estructuras de concreto armado es  $\frac{\Delta}{h} = 0.007$ . Entonces con la ayuda del programa SAP 2000 calculamos el máximo desplazamiento, así tenemos:



Luego del gráfico tenemos:  $\Delta = 0.0274\text{m}$  y  $h = 24\text{m} \rightarrow \frac{\Delta}{h} = 0.001142 < 0.007$ .

## Para el Muelle

Similarmente a lo establecido para el Puente de Acceso, se analizará la viga longitudinal o transversal donde se produzcan los mayores esfuerzos antes mencionados así como la losa armada de espesor de 0.30m propuesta. Entonces se tiene:

- **Diseño de Vigas Longitudinales (VL-M)**

Características de la viga y parámetros de diseño:

$$L = 500cm$$

$$\phi_1 = 36mm \text{ (positivo)}$$

$$h = 115cm$$

$$\phi_2 = 36mm \text{ (negativo)}$$

$$b = 65cm$$

$$\phi_{Estribo} = 12mm$$

$$b_w = 140cm$$

$$d = h - rec_i - \phi_{Estribo} - 0.5 * \phi = 107.98cm$$

$$rec_i = 6.5cm$$

$$d' = rec_s + \phi_{Estribo} + 0.5 * \phi = 10.52cm$$

$$rec_s = 5cm$$

$$\omega = 0.4$$

$$\Phi = 0.9$$

$$hf = 30cm$$

$$\rho_b = 0.0334$$

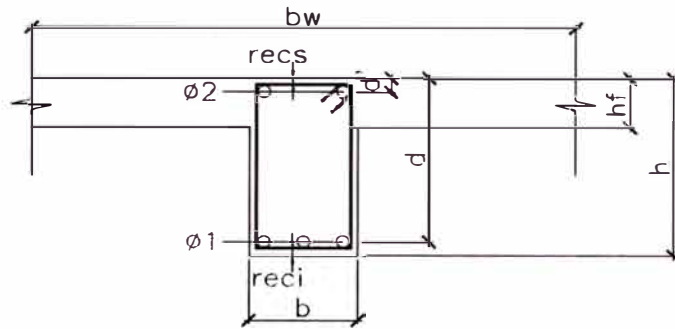
$$\rho_{\min} \left| \frac{14}{f_y} = 0.00333 \right.$$

$$f_s = f_s(d', d, \omega) = 4200 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} 0.8 * \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0.00445 \end{array} \right|$$

$$f'c = 350 \text{ Kgf/cm}^2$$

Gráficamente tenemos:



Luego, de los diagramas de solicitaciones de momento máximo sobre la viga obtenida mediante la ayuda del programa SAP 2000 tenemos los siguientes valores negativos y positivos:

$$M_{niz} = 250Ton - m$$

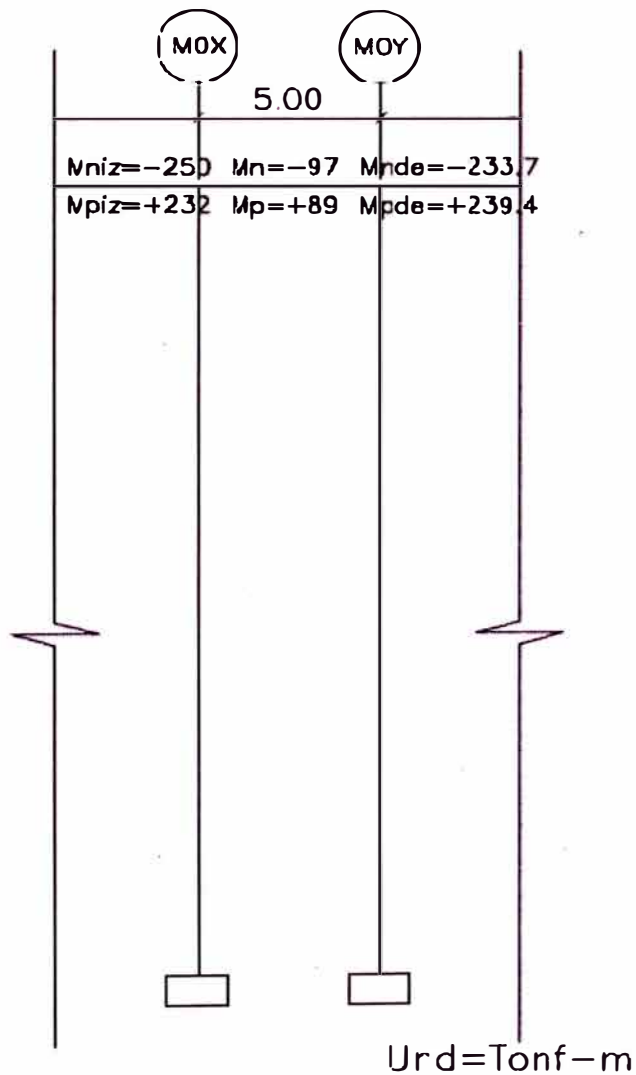
$$M_n = 97Ton - m$$

$$M_{nde} = 233.7Ton - m$$

$$M_{piz} = 232Ton - m$$

$$M_p = 89Ton - m$$

$$M_{pde} = 239.4Ton - m$$



Ahora, haciendo uso de las relaciones del código de diseño ACI 318 para la armadura requerida, tenemos:

$$A_{niz} = A_{sn}(M_{niz}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{niz} = 113.35cm^2$$

$$A_{piz} = A_{sp}(M_{piz}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{piz} = 82.541cm^2$$

$$A_{nde} = A_{sn}(M_{nde}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{nde} = 98.05cm^2$$

$$A_{pde} = A_{sp}(M_{pde}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{pde} = 84.65cm^2$$

$$A_n = A_{sn}(M_n, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_n = 39.2cm^2$$

$$A_p = A_{sp}(M_p, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_p = 39.7cm^2$$

Entonces la propuesta será:

$$A_{niz} = 12\phi 1\frac{3}{8} + 1\phi\frac{3}{4} = 117.81cm^2$$

$$A_{piz} = 9\phi 1\frac{3}{8} = 86.22cm^2$$

$$A_{nde} = 12\phi 1\frac{3}{8} + 1\phi\frac{3}{4} = 117.81cm^2$$

$$A_{pde} = 9\phi 1\frac{3}{8} = 86.22cm^2$$

$$A_n = 9\phi 1\frac{3}{8} = 86.22cm^2$$

$$A_p = 9\phi 1\frac{3}{8} = 86.22cm^2$$

Luego los momentos resistentes serán:

$$M_{niz} = \Phi * M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{niz} = 290\text{Ton} - m$$

$$a_f = a(A_{piz}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 13.961\text{cm}$$

$$M_{piz} = \begin{cases} \Phi * M(A_{piz}, d, b_w, d', A_{niz}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{piz} = 245.7\text{Ton} - m \\ \Phi * M_t(A_{piz}, b, d, b_w, h_f) & , \text{ ó} \end{cases}$$

$$M_{nde} = \Phi * M(A_{nde}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{nde} = 290\text{Ton} - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 13.961\text{cm}$$

$$M_{pde} = \begin{cases} \Phi * M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{pde} = 245.7\text{Ton} - m \\ \Phi * M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f) & , \text{ ó} \end{cases}$$

$$a_f = a(A_p, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 3.99\text{cm}$$

$$M_p = \begin{cases} \Phi * M(A_p, d, b_w, d', A_n, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_p = 245.7\text{Ton} - m \\ \Phi * M_t(A_p, b, d, b_w, h_f) & , \text{ ó} \end{cases}$$

$$M_n = \Phi * M(A_n, d, b, d', A_p, f_s, \omega) \rightarrow M_n = 290\text{Ton} - m$$

### Verificación por corte

Entonces tomamos el corte máximo producido en la sección de la viga, luego:

$$V_m = 117\text{Tonf}$$

El corte por carga permanente es:

$$V_{cp} = 23\text{Tonf}$$

Entonces para el corte  $V_e$ :

$$\omega = 1.25$$



$$M_{npr} = M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{npr} = 389.3Ton - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 17.451cm$$

$$M_{ppr} = \begin{cases} M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \\ M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases} \rightarrow M_{ppr} = 328.4Ton - m$$

$$V_e = \frac{M_{npr} + M_{ppr}}{L} + V_{cp} \rightarrow V_e = 166.54Tonf$$

$$\phi_c = 1 \text{ (del capitulo 21 ACI - 318)}$$

Entonces:

$$V_u = \max(V_m, V_e) \rightarrow V_u = 166.54Tonf$$

$$V_c = \begin{cases} 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d, & \text{si } V_e < 0.5 * V_m \\ 0, & \text{ó} \end{cases} \rightarrow V_c = 0Tonf$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi_c} - V_c \rightarrow V_s = 166.54Tonf$$

$$V_{smax} = 2.2 * \sqrt{f'_c} * b * d \rightarrow V_{smax} = 165.4Tonf$$

Luego:

$$s = 10cm$$

Entonces:

$$A_v = \frac{V_s * s}{f_y * d} \rightarrow A_v = 4.85cm^2$$

Por lo tanto proponemos doble estribo de  $\phi = 1/2"$ , entonces:

$$A_v = 2 * 2 * 1.27 = 5.08 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Estribo } 2\phi 1/2" @ 0.10 \text{ m}$$

• **Diseño de Vigas Transversales (VT-M)**

Características de la viga y parámetros de diseño:

$$L = 1000 \text{ cm}$$

$$\phi_1 = 36 \text{ mm (positivo)}$$

$$h = 120 \text{ cm}$$

$$\phi_2 = 36 \text{ mm (negativo)}$$

$$b = 65 \text{ cm}$$

$$\phi_{\text{Estribo}} = 12 \text{ mm}$$

$$b_w = 240 \text{ cm}$$

$$d = h - \text{rec}_i - \phi_{\text{Estribo}} - 0.5 * \phi = 107.98 \text{ cm}$$

$$\text{rec}_i = 6.5 \text{ cm}$$

$$d' = \text{rec}_s + \phi_{\text{Estribo}} + 0.5 * \phi = 10.52 \text{ cm}$$

$$\text{rec}_s = 5 \text{ cm}$$

$$\omega = 0.4$$

$$\Phi = 0.9$$

$$hf = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_b = 0.034$$

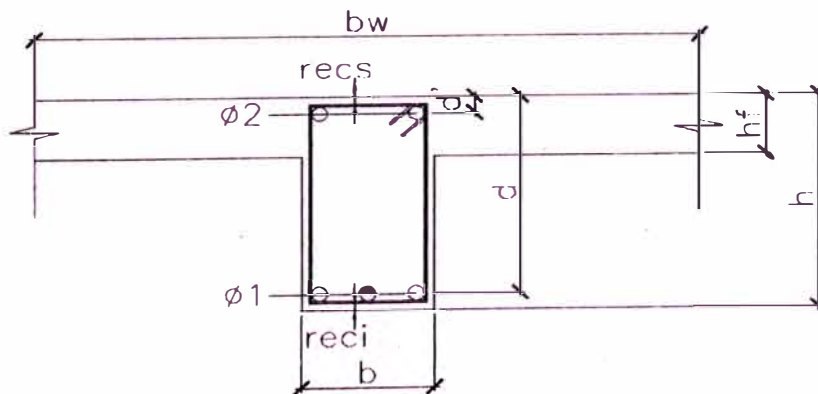
$$\rho_{\text{mín}} \left| \frac{14}{f_y} = 0.00333 \right.$$

$$f_s = f_s(d', d, \omega) = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\left. 0.8 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = 0.00445 \right|$$

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

Gráficamente tenemos:



Luego, de los diagramas de solicitaciones de momento máximo sobre la viga obtenida mediante la ayuda del programa SAP 2000 tenemos los siguientes valores negativos y positivos:

$$M_{niz} = 398Ton - m$$

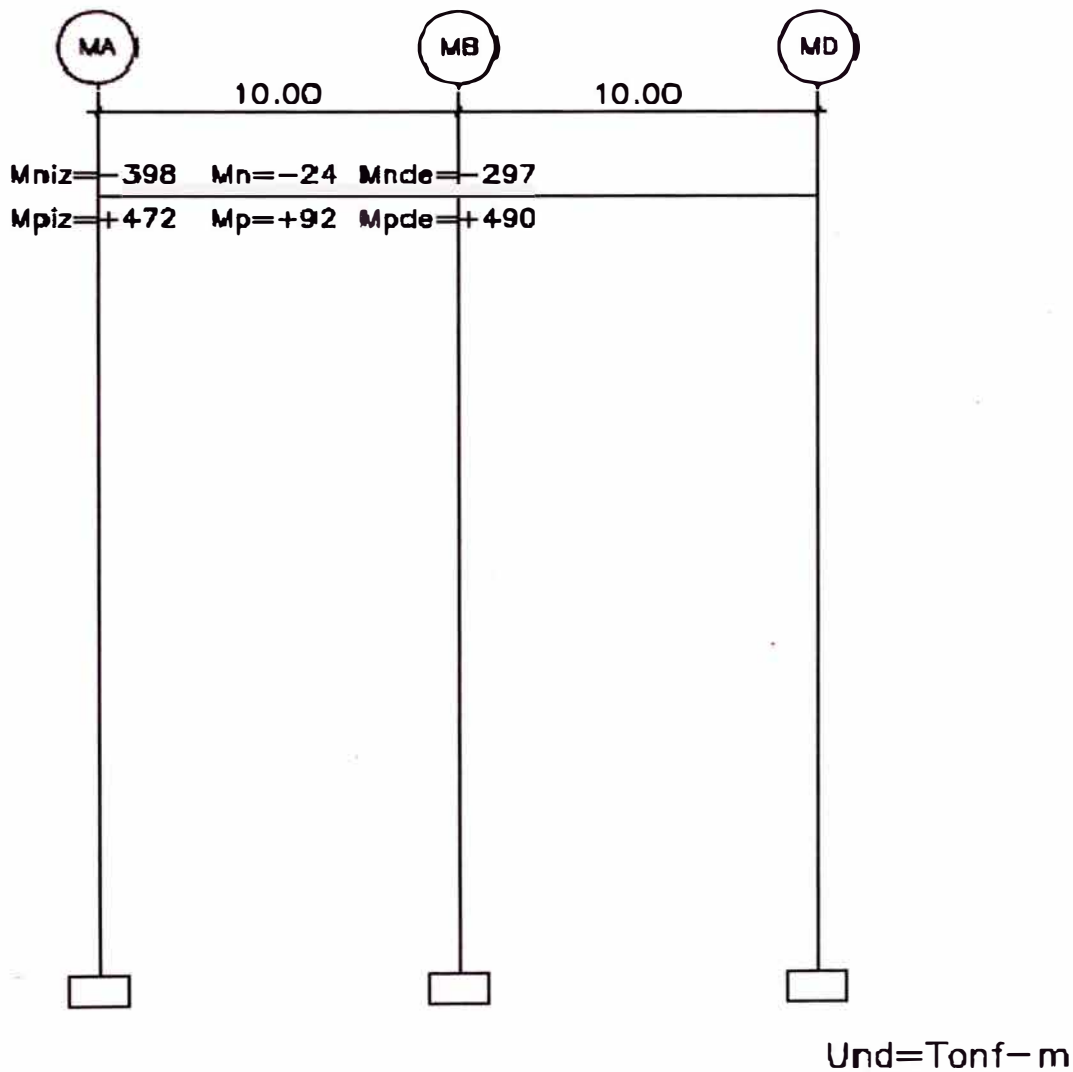
$$M_n = 024Ton - m$$

$$M_{nde} = 397Ton - m$$

$$M_{piz} = 472Ton - m$$

$$M_p = 92Ton - m$$

$$M_{pde} = 490Ton - m$$



Ahora, haciendo uso de las relaciones del código de diseño ACI 318 para la armadura requerida, tenemos:

$$A_{niz} = A_{sn}(M_{niz}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{niz} = 109.588cm^2$$

$$A_{piz} = A_{sp}(M_{piz}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{piz} = 122.446cm^2$$

$$A_{nde} = A_{sn}(M_{nde}, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_{nde} = 79.05cm^2$$

$$A_{pde} = A_{sp}(M_{pde}, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_{pde} = 127cm^2$$

$$A_n = A_{sn}(M_n, d, b, h) \quad \rightarrow \quad A_n = 7.87cm^2$$

$$A_p = A_{sp}(M_p, d, bw, h) \quad \rightarrow \quad A_p = 30.29cm^2$$

Entonces la propuesta será:

$$A_{niz} = 12\phi 1\frac{3}{8} = 114.96cm^2$$

$$A_{piz} = 16\phi 1\frac{3}{8} = 153.28cm^2$$

$$A_{nde} = 12\phi 1\frac{3}{8} = 114.96cm^2$$

$$A_{pde} = 4\phi 1\frac{3}{8} = 153.28cm^2$$

$$A_n = 12\phi 1\frac{3}{8} = 114.96cm^2 \text{ (por razones constructivas)}$$

$$A_p = 12\phi 1\frac{3}{8} = 153.28cm^2 \text{ (por razones constructivas)}$$

Luego los momentos resistentes serán:

$$M_{niz} = \Phi * M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \quad \rightarrow \quad M_{niz} = 433.1Ton - m$$

$$a_f = a(A_{piz}, b_w, \omega) \quad \rightarrow \quad a_f = 13.961cm$$

$$M_{piz} = \begin{cases} \Phi * M(A_{piz}, d, b_w, d', A_{niz}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \\ \Phi * M_t(A_{piz}, b, d, b_w, h_f) & , \text{ ó} \end{cases} \rightarrow M_{piz} = 528Ton - m$$

$$M_{nde} = \Phi * M(A_{nde}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \quad \rightarrow \quad M_{nde} = 433.1Ton - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 13.961cm$$

$$M_{pde} = \begin{cases} \Phi * M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{pde} = 528Ton - m \\ \Phi * M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$a_f = a(A_p, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 3.99cm$$

$$M_p = \begin{cases} \Phi * M(A_p, d, b_w, d', A_n, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_p = 528Ton - m \\ \Phi * M_t(A_p, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$

$$M_n = \Phi * M(A_n, d, b, d', A_p, f_s, \omega) \rightarrow M_n = 433.1Ton - m$$

### Verificación por corte

Entonces tomamos el corte máximo producido en la sección de la viga, luego:

$$V_m = 226Tonf$$

El corte por carga permanente es:

$$V_{cp} = 15Tonf$$

Entonces para el corte  $V_e$ :

$$\omega = 1.25$$

$$M_{npr} = M(A_{niz}, d, b, d', A_{piz}, f_s, \omega) \rightarrow M_{npr} = 597.8Ton - m$$

$$a_f = a(A_{pde}, b_w, \omega) \rightarrow a_f = 17.451cm$$

$$M_{ppr} = \begin{cases} M(A_{pde}, d, b_w, d', A_{nde}, f_s, \omega), & \text{si } a_f < h_f \rightarrow M_{ppr} = 733.4Ton - m \\ M_t(A_{pde}, b, d, b_w, h_f), & \text{ó} \end{cases}$$



$$V_e = \frac{M_{npr} + M_{ppr}}{L} + V_{cp} \rightarrow V_e = 246.5 \text{Tonf}$$

$$\phi_c = 1 \text{ (del capítulo 21 ACI - 318)}$$

Entonces:

$$V_u = \max(V_m, V_e) \rightarrow V_u = 246.5 \text{Tonf}$$

$$V_c = \begin{cases} 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d, & \text{si } V_e < 0.5 * V_m \\ 0, & \text{ó} \end{cases} \rightarrow V_c = 0 \text{Tonf}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi_c} - V_c \rightarrow V_s = 246.5 \text{Tonf}$$

$$V_{smax} = 2.2 * \sqrt{f'_c} * b * d \rightarrow V_{smax} = 288.9 \text{Tonf}$$

Luego:

$$s = 15 \text{cm}$$

Entonces:

$$A_v = \frac{V_s * s}{f_y * d} \rightarrow A_v = 8.15 \text{cm}^2$$

Por lo tanto proponemos doble estribo de  $\phi = 5/8"$  más un gancho de  $\phi = 3/8"$ , entonces:

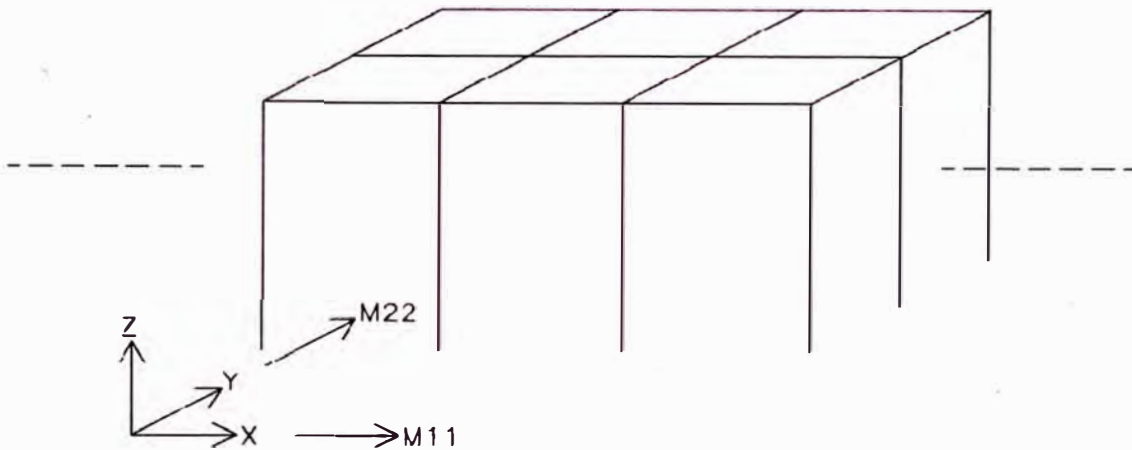
$$A_v = 2 * 2 * 1.98 + 0.71 = 8.63 \text{cm}^2 \rightarrow \text{Estribo } 2\phi 5/8" + 1 \sim \phi 3/8" @ 0.15 \text{m}$$

- **Diseño de la Losa Armada (e=0.30m)**

Para el diseño de la losa armada se tiene en cuenta la carga por peso propio (PP), las cargas derivadas de la faja transportadora, la sobrecarga de 3Ton/m<sup>2</sup> y

las cargas de tráfico correspondiente al camión de diseño estándar AASHTO HS20-44 indicadas en el capítulo VI del presente informe.

Similarmente a lo indicado en el Puente de Acceso, es importante definir la dirección de los esfuerzos por flexión o momentos flectores sobre las losas por lo que se han analizado de acuerdo al siguiente esquema referencial:



Luego, con la determinación de los esfuerzos por flexión generados con la ayuda del programa SAP 2000, entonces tenemos:

### **Diseño de la losa armada**

#### **A. Momento M11-Refuerzo en vano (+)**

##### **a. Características de la losa**

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa →  $h = 0.30m$

Recubrimiento →  $rec = 6.5cm$

Ancho unitario →  $b = 1m$

- Armadura propuesta

Tipo	Diámetro	Espaciamiento
Refuerzo	Ø1=5/8"	a1=200mm
Bastón	Ø2=5/8"	a2=200mm

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \rightarrow A_s = 20.1 \text{ cm}^2$$

Altura efectiva  $\rightarrow d = h - rec - \frac{\phi_1}{2} = 0.227 \text{ m}$  (momento principal)

### **b. Capacidad en flexión ACI 318**

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 3.31 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_s * f_y * \left( d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi M_n = 16.31 \text{ Ton} - \text{m} > 9.0 \text{ Ton} - \text{m} \dots \text{Ok}$$

### **c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \rightarrow \phi V_n = 17.898 \text{ Tonf}$$

## B. Momento M11-Refuerzo en apoyo (-)

### a. Características de la losa

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa  $\rightarrow h = 0.30m$

Recubrimiento  $\rightarrow rec = 5cm$

Ancho unitario  $\rightarrow b = 1m$

- Armadura propuesta

Tipo	Diámetro	Espaciamiento
Refuerzo	$\varnothing 1=1/2''$	$a_1=200mm$
Bastón	$\varnothing 2=5/8''$	$a_2=200mm$

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \rightarrow A_s = 15.7cm^2$$

Altura efectiva  $\rightarrow d = h - rec - \frac{\phi_1}{2} = 0.242m$  (momento principal)

### b. Capacidad en flexión ACI 318

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 2.586cm$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_s * f_y * \left( d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi M_n = 13.8Ton - m > 11.2Ton - m \dots Ok$$

**c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350 \text{Kg/cm}^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \quad \rightarrow \quad \phi V_n = 19.08 \text{ Tonf}$$

**C. Momento M22-Refuerzo en vano (+)**

**a. Características de la losa**

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa  $\rightarrow h = 0.30m$

Recubrimiento  $\rightarrow rec = 6.5cm$

Ancho unitario  $\rightarrow b = 1m$

- Armadura propuesta

Tipo	Diámetro	Espaciamiento
Refuerzo	$\text{Ø}1=1/2''$	$a1=200mm$
Bastón	$\text{Ø}2=5/8''$	$a2=200mm$

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \quad \rightarrow \quad A_s = 15.7cm^2$$



Altura efectiva  $\rightarrow d = h - rec - \phi_1 = 0.219m$  (momento secundario)

### **b. Capacidad en flexión ACI 318**

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 2.586cm$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \rightarrow \phi M_n = 12.8Ton - m > 5.3Ton - m \dots Ok$$

### **c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350Kg/cm^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{Kgf}{cm^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \rightarrow \phi V_n = 17.268Tonf$$

## **D. Momento M22-Refuerzo en apoyo (-)**

### **a. Características de la losa**

- Dimensiones:

Altura o espesor de la losa  $\rightarrow h = 0.30m$

Recubrimiento  $\rightarrow rec = 5cm$

Ancho unitario  $\rightarrow b = 1m$

- Armadura propuesta

Tipo	Diámetro	Espaciamiento
Refuerzo	Ø1=1/2"	a1=200mm
Bastón	Ø2=5/8"	a2=200mm

$$A_s = 78.5 * \left( \frac{\phi_1^2}{a_1} + \frac{\phi_2^2}{a_2} \right) \rightarrow A_s = 15.7 \text{ cm}^2$$

Altura efectiva  $\rightarrow d = h - rec - \phi_1 = 0.234 \text{ m}$  (momento secundario)

#### **b. Capacidad en flexión ACI 318**

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \rightarrow a = 2.586 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = 0.9 * A_s * f_y * \left( d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi M_n = 13.39 \text{ Ton} - \text{m} > 12.3 \text{ Ton} - \text{m} \dots \text{Ok}$$

#### **c. Capacidad de corte ACI 318**

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}}$$

Entonces:

$$\phi V_n = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * \alpha * b * d \rightarrow \phi V_n = 18.45 \text{ Tonf}$$

Adicionalmente es importante conocer el porcentaje de la participación de masa de nuestra estructura en nuestro análisis sísmico, entonces:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.420512	0.938395	0.000109	0.938395	0.000109
MODAL	Mode	2	1.190212	0.000024	0.961415	0.938419	0.961524
MODAL	Mode	3	1.129621	0.02861	0.007582	0.967029	0.969106
MODAL	Mode	4	0.241176	2.324E-07	3.805E-10	0.967029	0.969106
MODAL	Mode	5	0.238979	1.268E-07	0.00000114	0.967029	0.969107
MODAL	Mode	6	0.238623	0.000000318	2.403E-08	0.967029	0.969107
MODAL	Mode	7	0.233062	3.148E-07	0.000005735	0.96703	0.969113
MODAL	Mode	8	0.229563	9.752E-07	0.000002493	0.967031	0.969116
MODAL	Mode	9	0.227436	0.000006622	0.000033	0.967037	0.969149
MODAL	Mode	10	0.225793	0.000005617	0.000339	0.967043	0.969488
MODAL	Mode	11	0.224398	0.000004625	0.00026	0.967048	0.969748
MODAL	Mode	12	0.176789	0.001204	4.883E-08	0.968252	0.969748

Determinando el peso sísmico:

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Ton	Ton	Ton
MAT	LinStatic	2.039E-14	1.196E-13	70.0
SC	LinStatic	-2.025E-15	6.735E-13	30300.0
DEAD	LinStatic	1.695E-14	5.291E-14	17515.725
DL-eq	LinStatic	-3.409E-16	-5.184E-14	1048.39

Peso sísmico(Ton)

33784.115

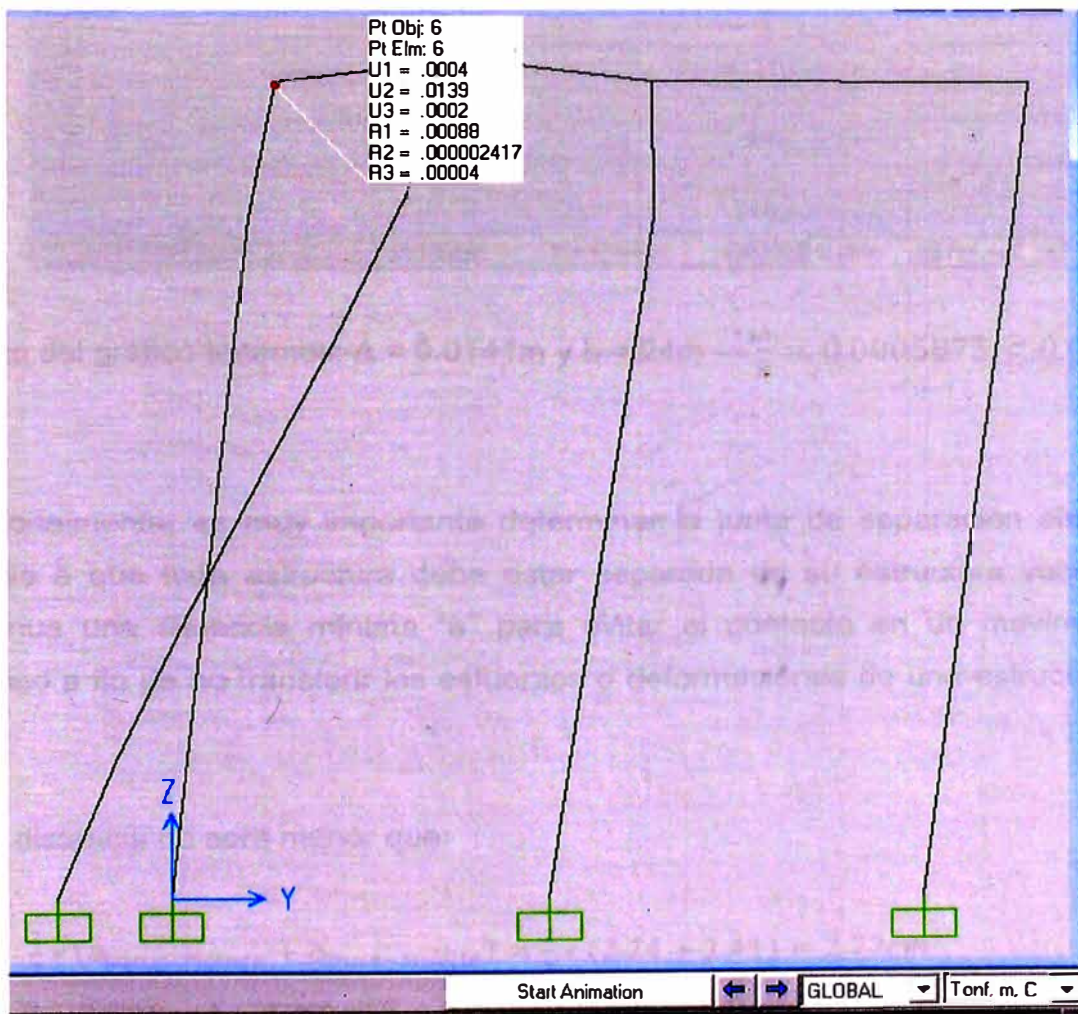
Cortantes basales:

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Ton	Ton
Sx-Sp	LinRespSpec	Max	3202.734	53.3325
Sy-Sp	LinRespSpec	Max	53.3325	3202.734
Peso sísmico(Ton)			11467.408	
Coeficiente sísmico longitudinal equivalente			0.0948	
Coeficiente sísmico transversal equivalente			0.0948	

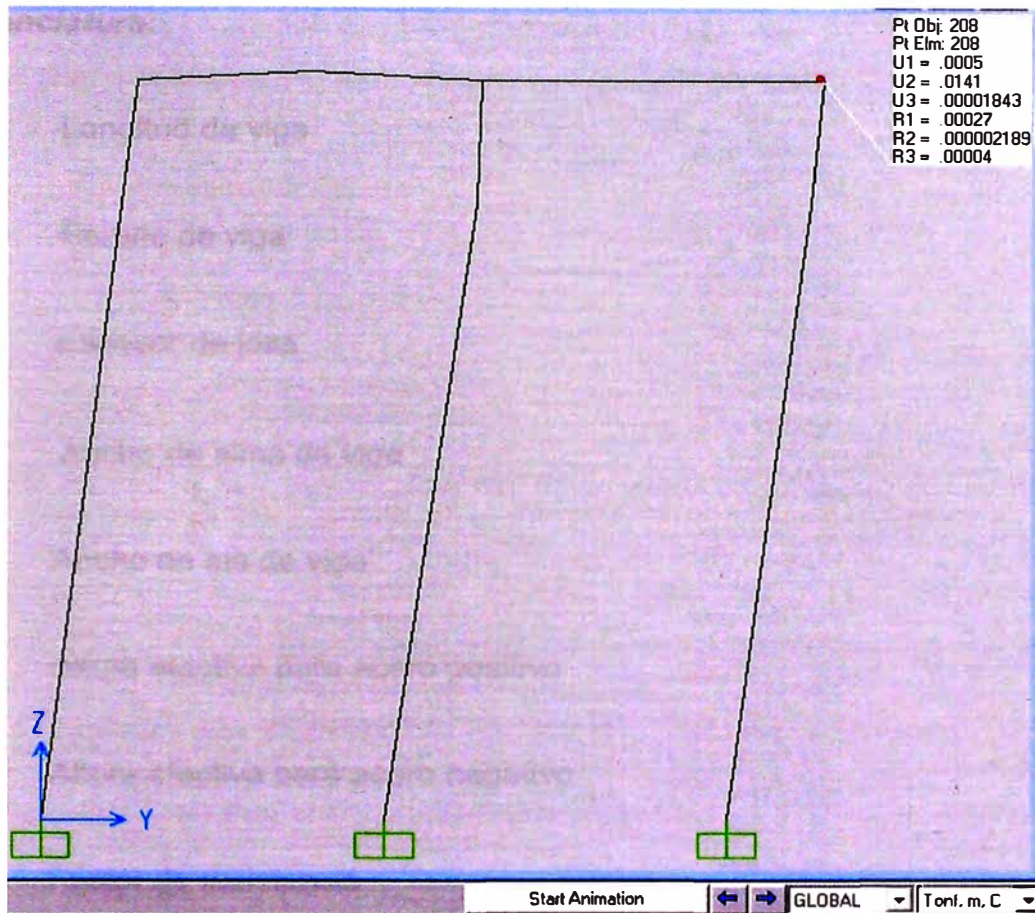
**Nota:** El coeficiente sísmico es el valor del  $\frac{ZUCS}{R}$ , donde dichos parámetros ya se han definido en el capítulo VI del presente informe.

Finalmente controlamos los desplazamientos laterales permisibles y para lo cual se hace referencia a la Norma Técnica Peruana E-030 donde menciona que el máximo desplazamiento para estructuras de concreto armado es  $\frac{\Delta}{h} = 0.007$ .

Entonces con la ayuda del programa SAP 2000 calculamos el máximo desplazamiento, así tenemos:







Luego del gráfico tenemos:  $\Delta = 0.0141\text{m}$  y  $h = 24\text{m} \rightarrow \frac{\Delta}{h} = 0.0005875 < 0.007$ .

Adicionalmente, es muy importante determinar la junta de separación sísmica debido a que toda estructura debe estar separada de su estructura vecina o continua una distancia mínima "s" para evitar el contacto en un movimiento sísmico a fin de no transferir los esfuerzos o deformaciones de una estructura a otra.

Esta distancia no será menor que:

$$s \geq \begin{cases} \frac{2}{3} * (\Delta_{max-Puente} + \Delta_{max-Muelle}) = \frac{2}{3} * (2.74 + 1.41) = 2.77\text{cm} \\ 3 + 0.004 * (h - 500) = 3 + 0.004 * (2400 - 500) = 10.6\text{cm} \\ 3\text{cm} \end{cases}$$

Por lo tanto por seguridad seleccionamos una junta igual a  $s = 15\text{cm}$ .

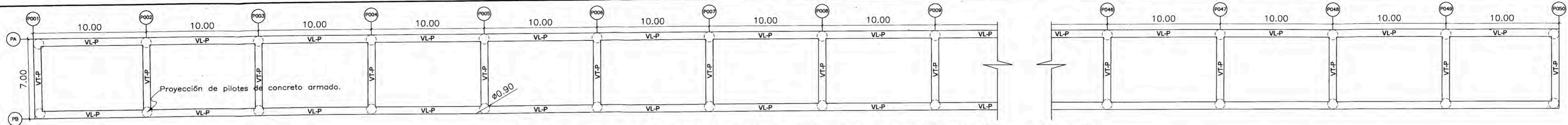


### **Nomenclatura:**

$L$	Longitud de viga
$h$	Peralte de viga
$h_f$	Espesor de losa
$b$	Ancho de alma de viga
$b_w$	Ancho de ala de viga
$d$	Altura efectiva para acero positivo
$d'$	Altura efectiva para acero negativo
$\Phi$	Factor de resistencia
$\omega$	Cuantía mecánica
$\rho_b$	Cuantía balanceada
$\rho_{min}$	Cuantía mínima
$f'_c$	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y$	Límite de fluencia del acero
$M_{niz}$	Momento negativo izquierdo
$M_n$	Momento negativo central
$M_{nde}$	Momento negativo derecho
$M_{piz}$	Momento positivo izquierdo

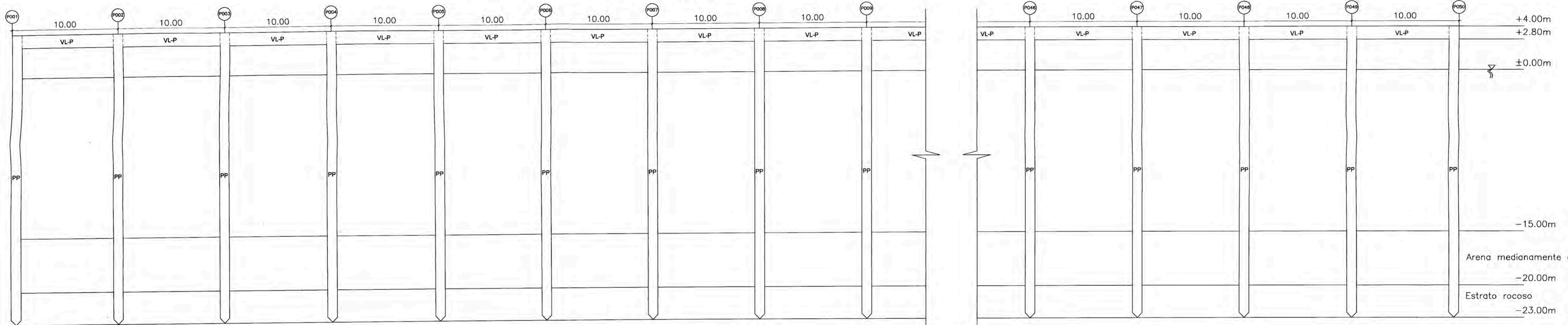
$M_p$	Momento positivo central
$M_{pde}$	Momento positivo derecho
$A_{niz}$	Acero negativo izquierdo
$A_{piz}$	Acero positivo izquierdo
$A_{nde}$	Acero negativo derecho
$A_{pde}$	Acero positivo derecho
$A_n$	Acero negativo central
$A_p$	Acero positivo central
$A_v$	Acero para estribo
$\Delta$	Deformación lateral

## **Anexo IX: Planos Estructurales de Diseño.**



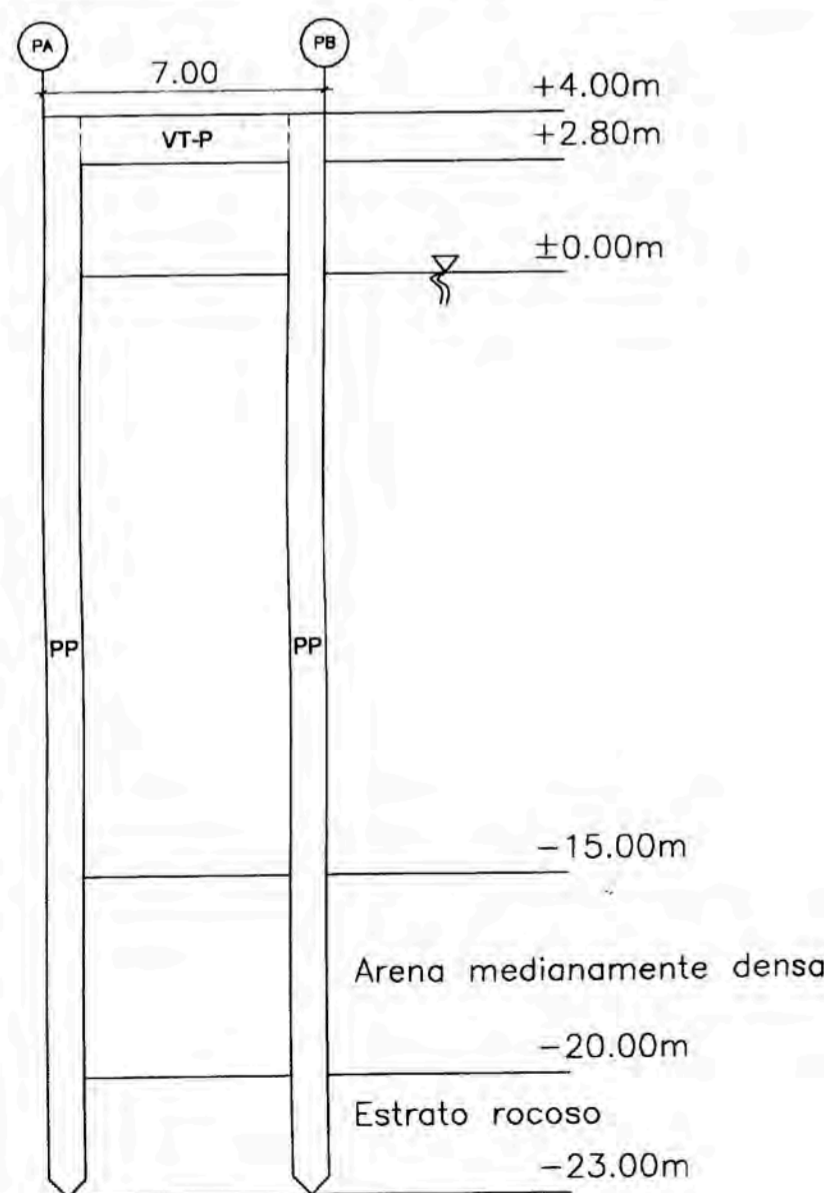
VISTA EN PLANTA DEL PUENTE DE ACCESO (L=490m)

ESCALA: S/E



VISTA LONGITUDINAL DEL PUENTE DE ACCESO (L=490m)

ESCALA: S/E



VISTA TRANSVERSAL DEL PUENTE DE ACCESO

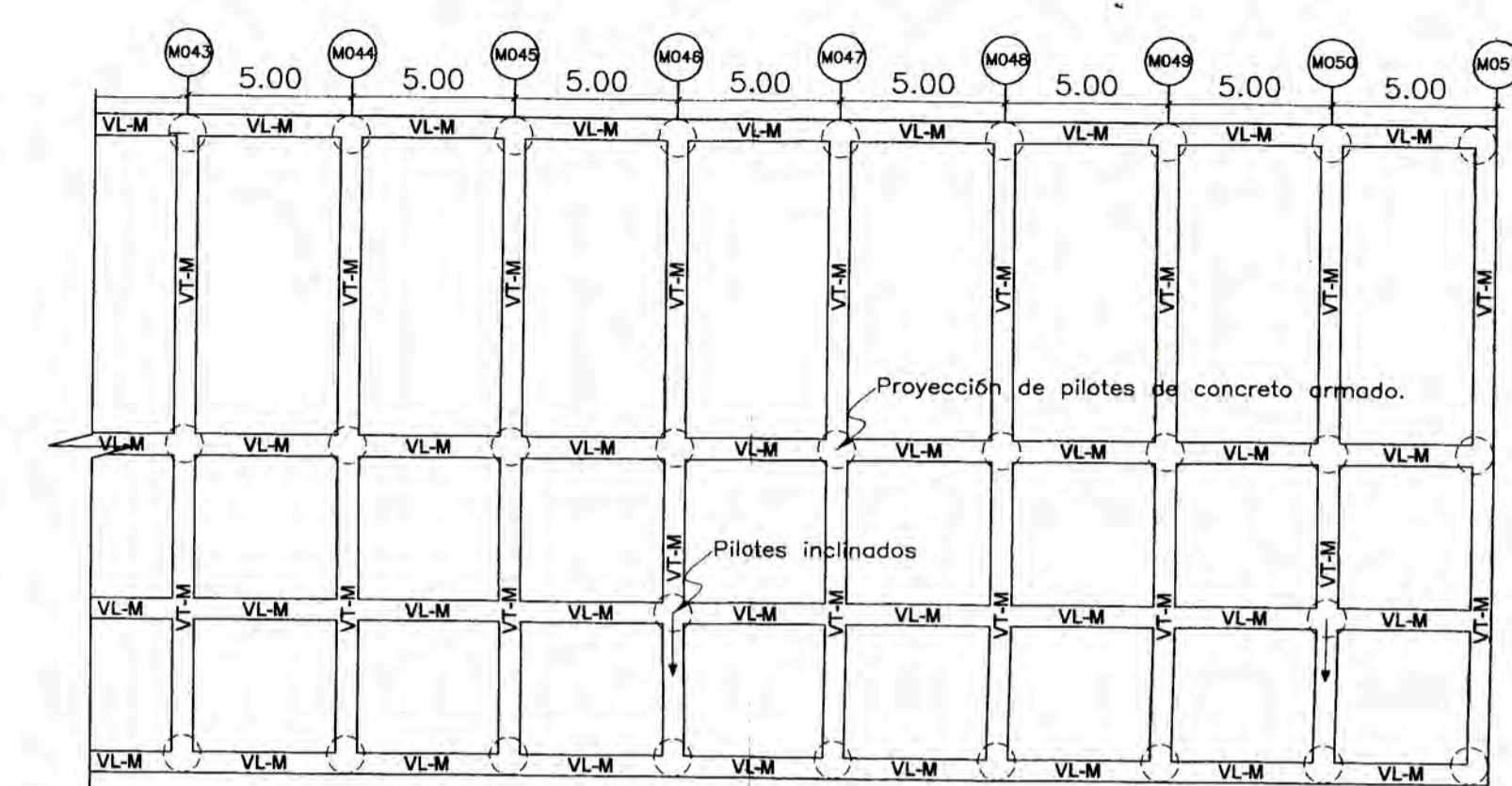
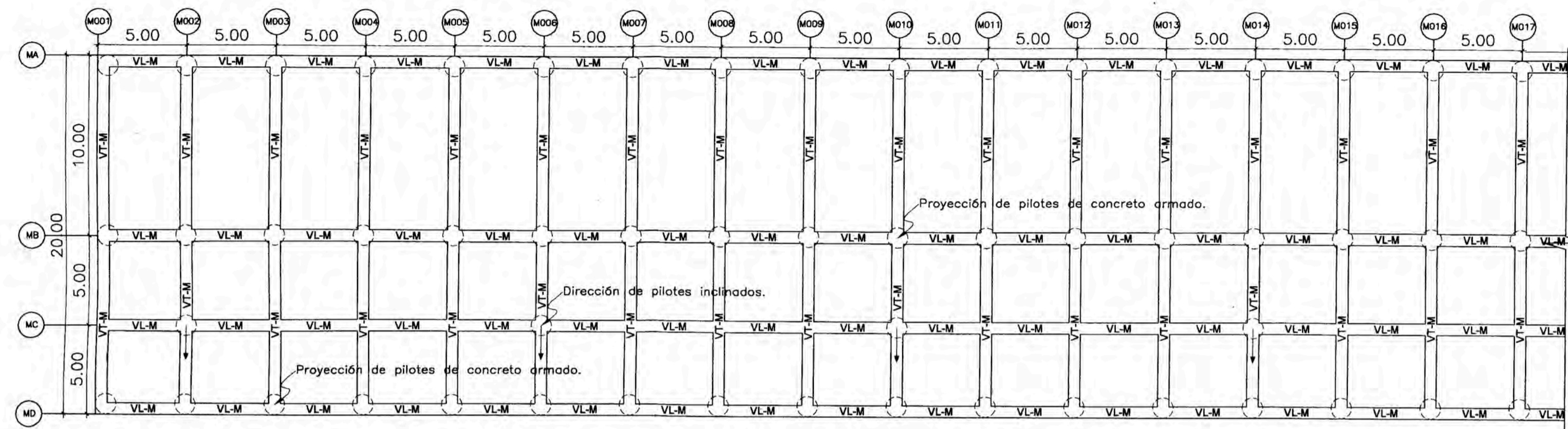
ESCALA: S/E

ESPECIFICACIONES

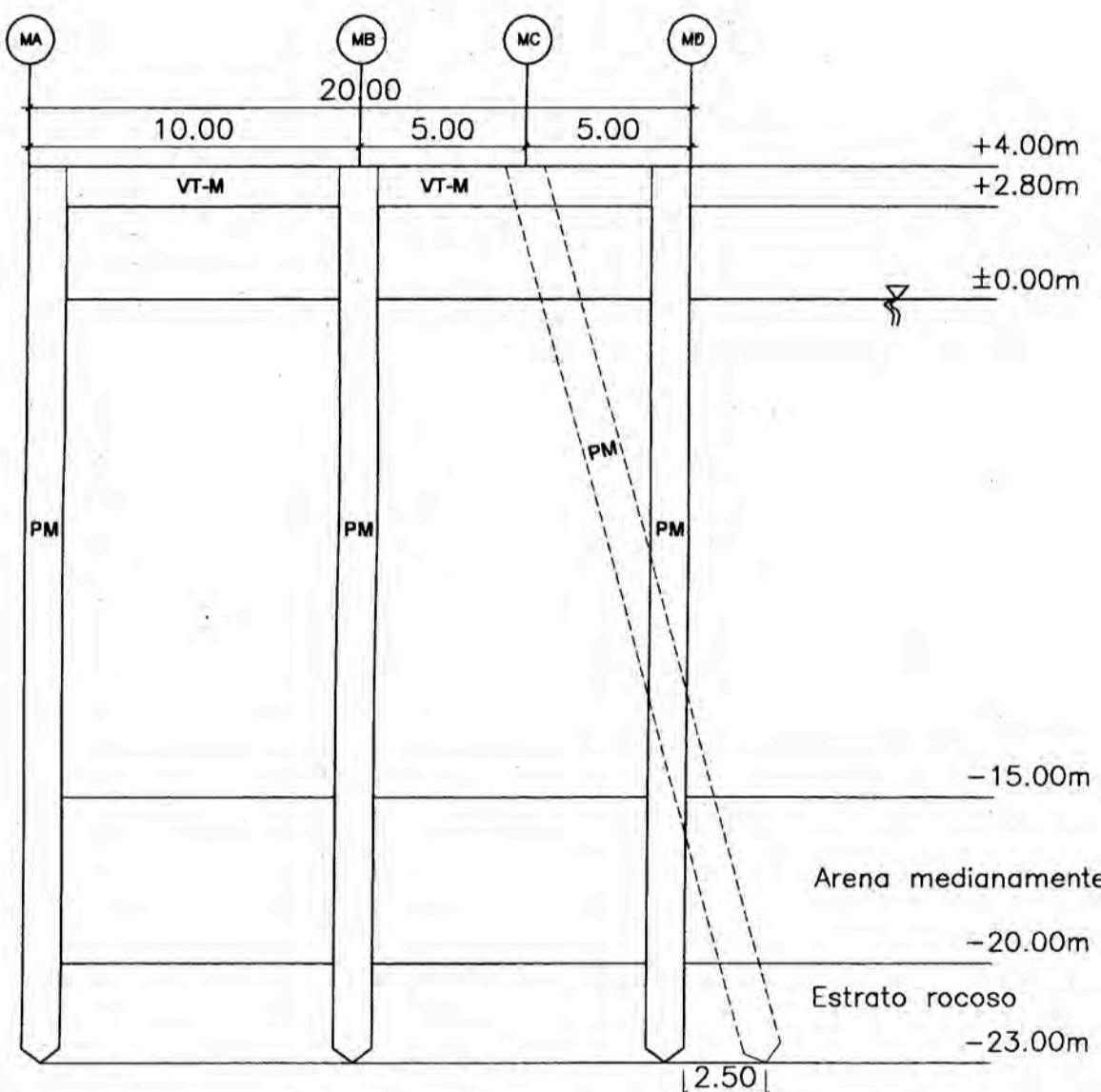
- CONCRETO  $f'c = 350 \text{ kgr./cm.}^2$
- ACERO  $f_y = 4,200 \text{ kgr./cm.}^2$
- RECUBRIMIENTO:
  - Pilotes: 7.5cm
  - Losas: Superior: 5cm
  - Inferior : 6.5cm
  - Vigas: 6.5cm

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL		
BACHILLER: WALTER ELMER VENTURA AURORA	PROYECTO: PERFIL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE EMBARQUE DE CONCENTRADO DE SOBRE CHICAMA DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTE DE ACCESO Y MUELLE	FECHA: MARZO - 2011
PLANO: GEOMETRÍA DEL PUENTE DE ACCESO	ESCALA: INDICADA	E1

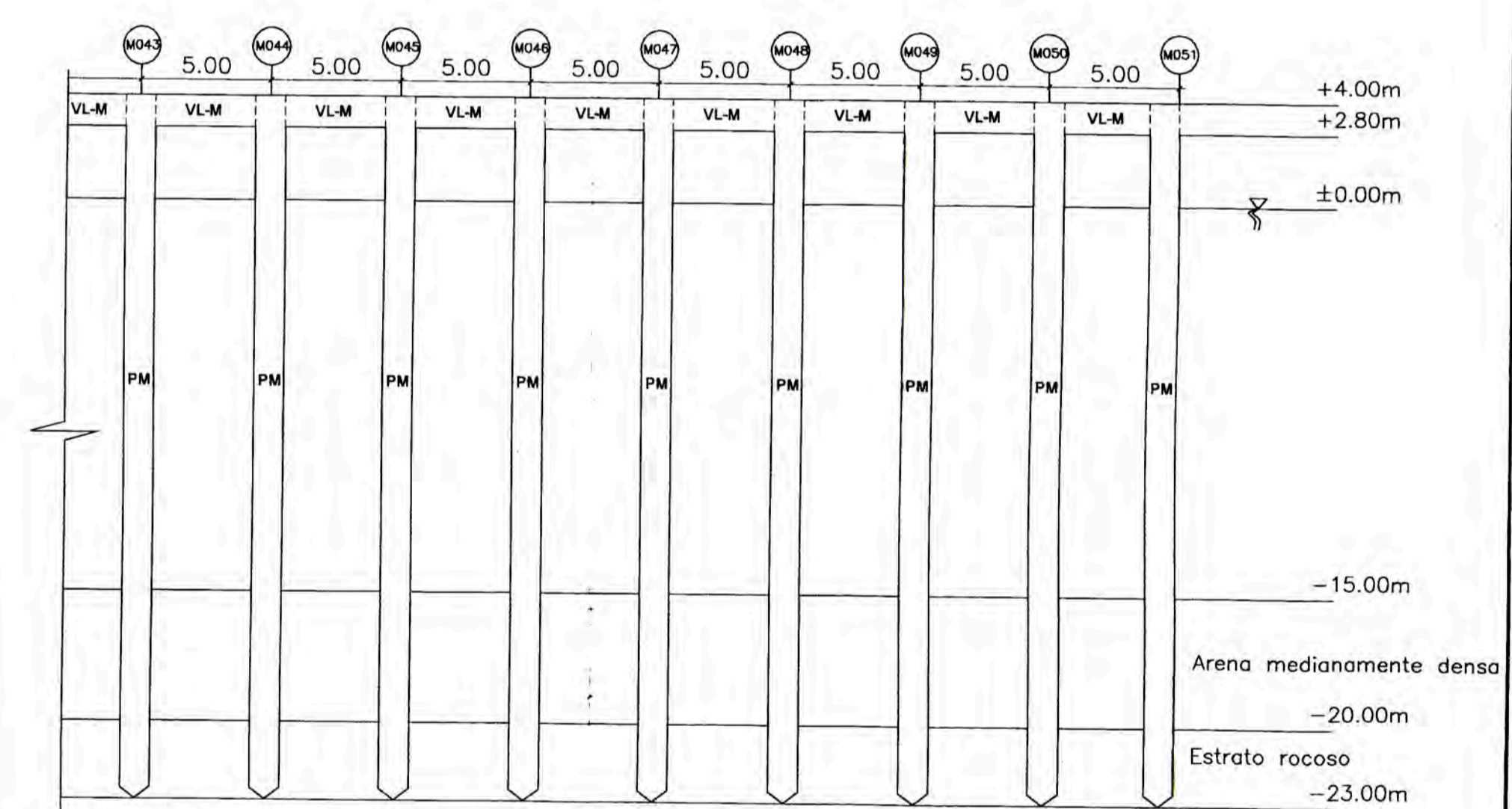
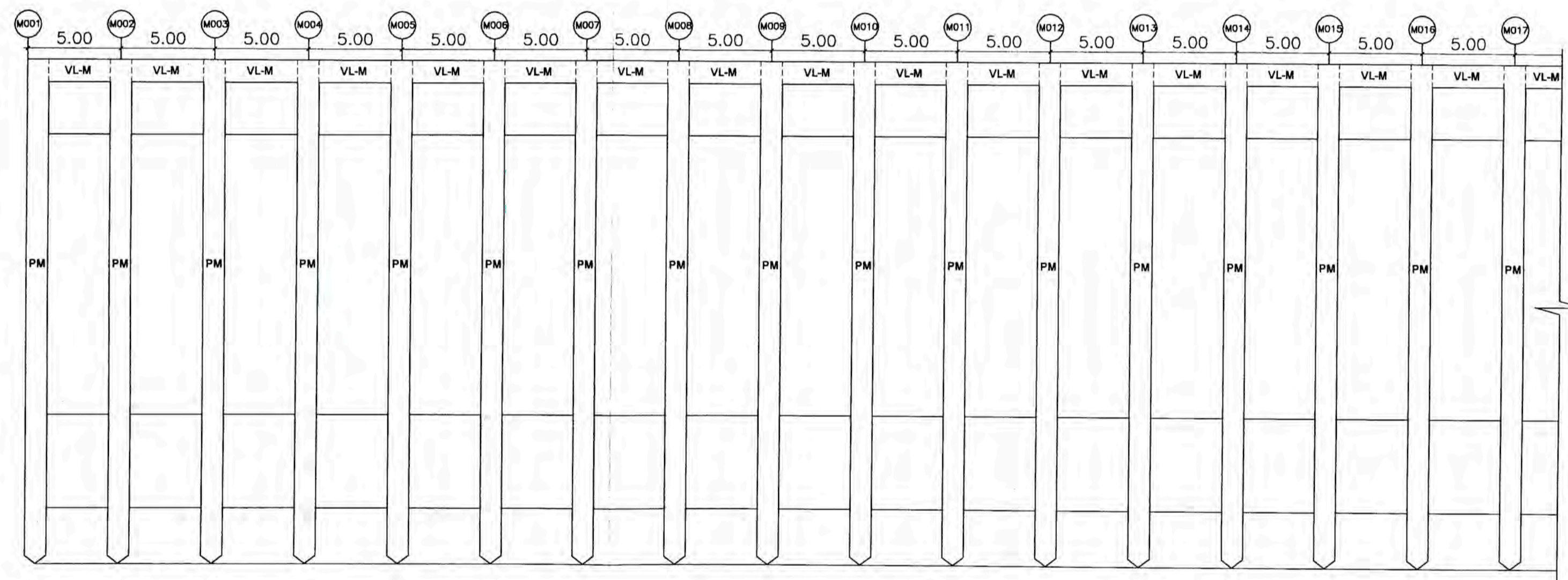




VISTA EN PLANTA DEL MUELLE (L=250m)  
ESCALA: S/E



VISTA TRANSVERSAL DEL MUELLE  
ESCALA: S/E



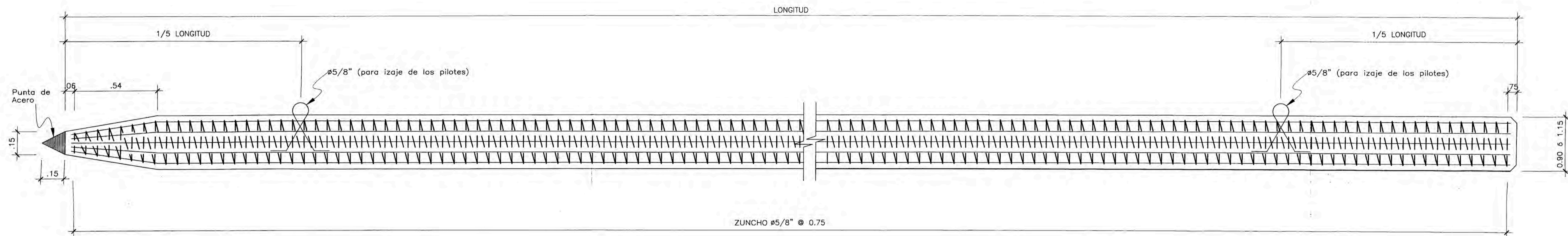
VISTA LONGITUDINAL DEL MUELLE (L=250m)  
ESCALA: S/E

ESPECIFICACIONES

- CONCRETO  $f'c = 350$  kgr./cm.2
- ACERO  $f_y = 4,200$  kgr./cm.2
- RECUBRIMIENTO:
  - Pilotes: 7.5cm
  - Losas: Superior: 5cm
  - Inferior : 6.5cm
  - Vigas: 6.5cm

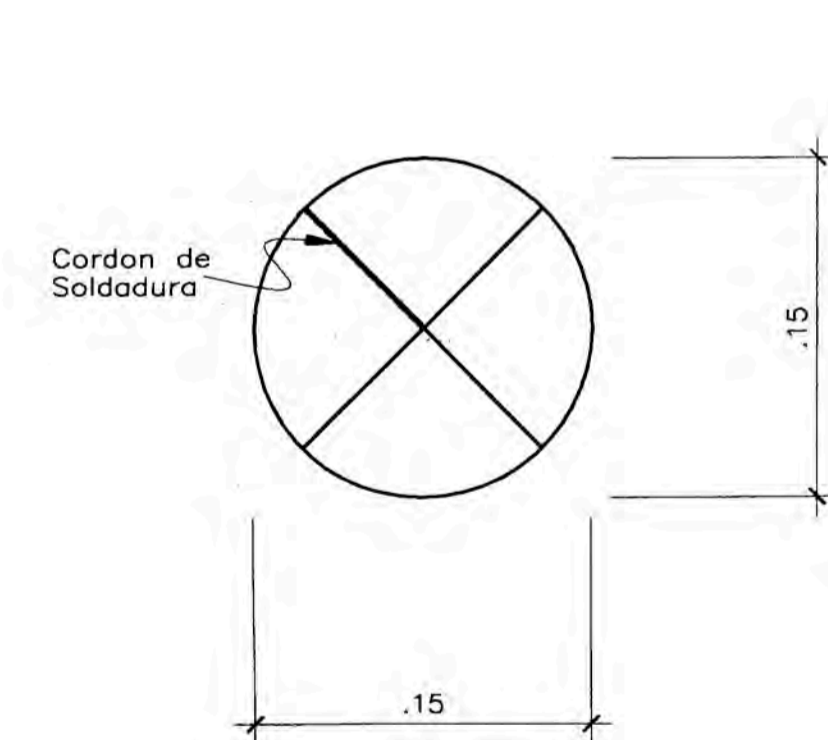
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</b>			
INGENIERO:	PROYECTO:		
WALTER ELMER VENTURA AURORA	PERFIL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE EMBARQUE DE CONCENTRADO DE COBRE CHICAMA		
PLANO:	ESCALA:	FECHA:	
GEOMETRÍA DEL MUELLE	INDICADA	MARZO - 2011	E2





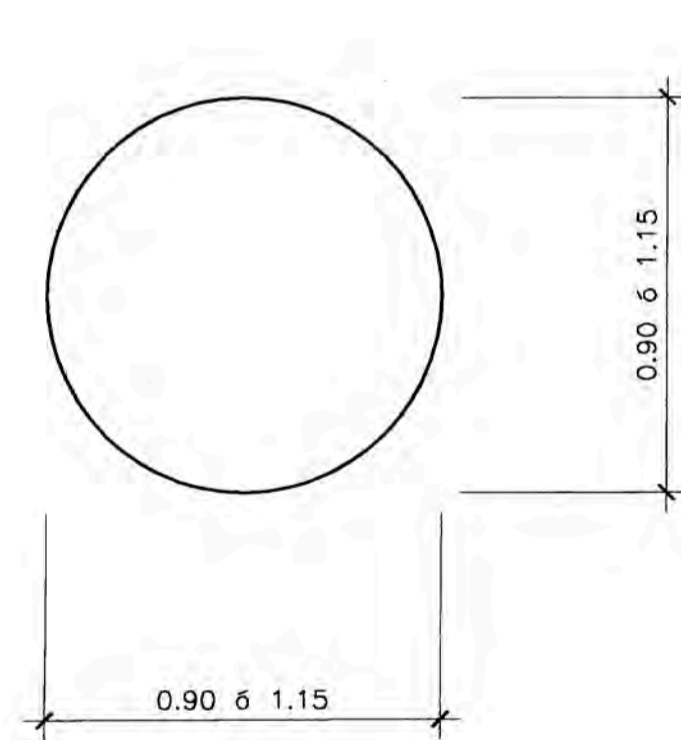
### ARMADURA DE PILOTES

ESCALA: S/E



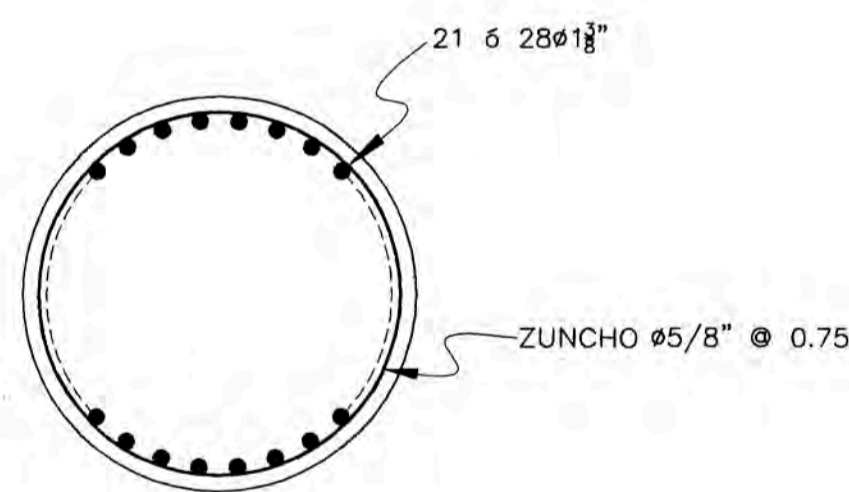
### PUNTA DE ACERO

ESCALA: S/E



### CABEZA

ESCALA: S/E

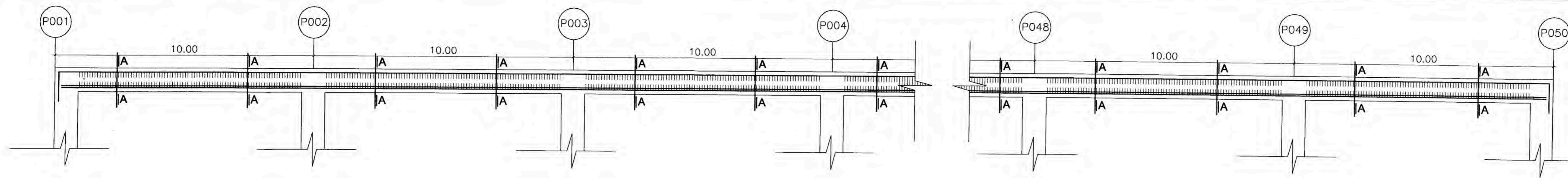


ESTRUCTURA	DIAMETRO cm.	LONG. m.	CANT. u.	VERTIC. u.	INCLINADO u.	ARMADURA	
						PRINCIPAL	ZUNCHOS
PUENTE DE ACCESO (PP)	90	27	50	50	0	21 Ø 28"	Ø5/8" @ 0.75
MUELLE (PM)	115	27	64	51	13	28 Ø 28"	Ø5/8" @ 0.75

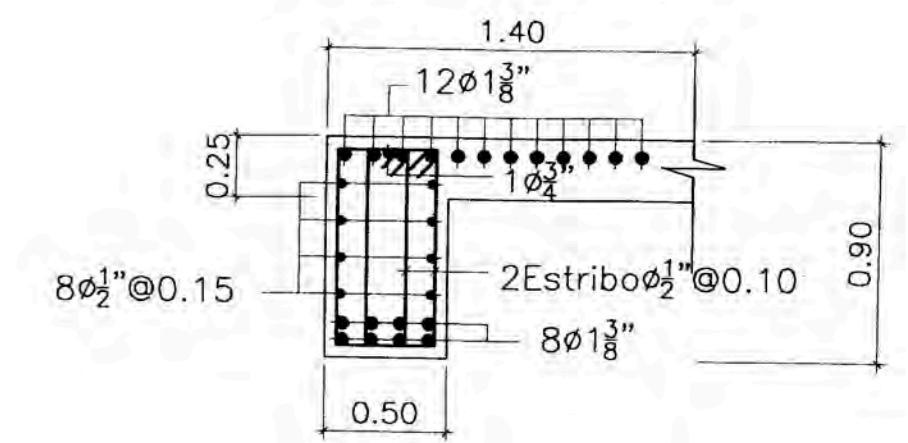
### ESPECIFICACIONES

- CONCRETO  $f'c = 350$  kgr./cm.2
- ACERO  $f_y = 4,200$  kgr./cm.2
- RECUBRIMIENTO: 7.5 cm.

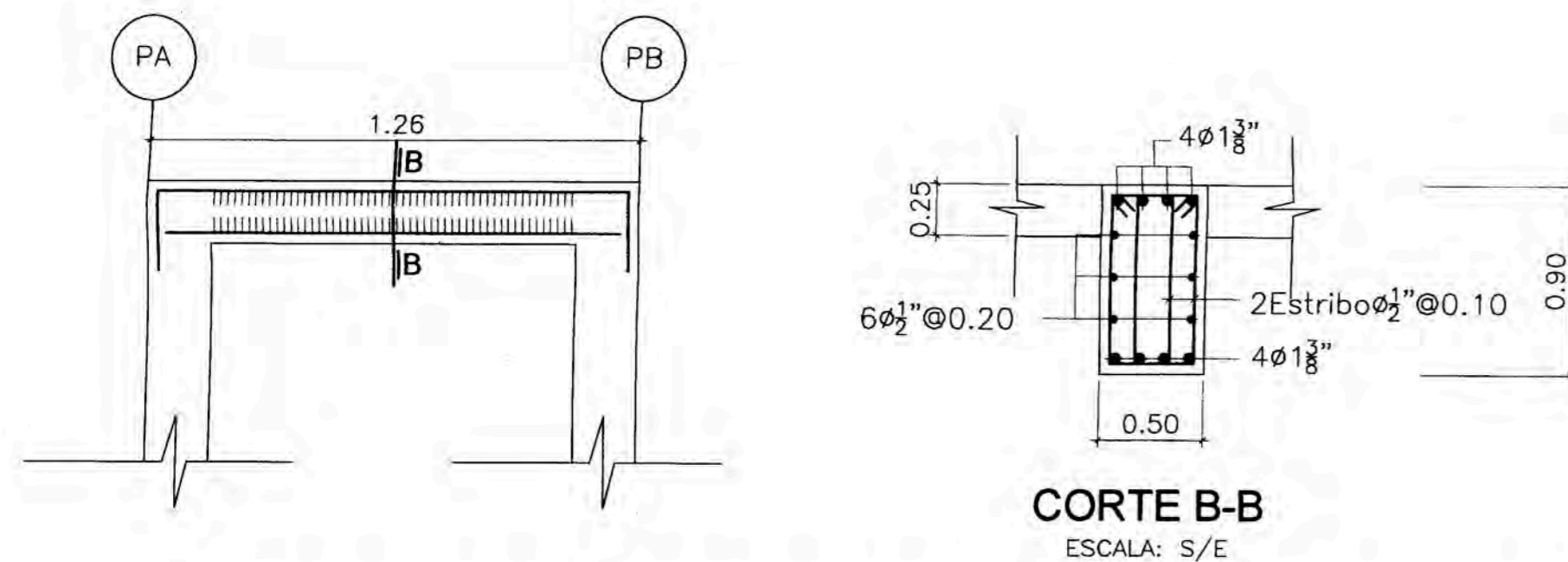




ACERO DE REFUERZO PARA VIGA LONGITUDINAL (VL-P) DEL PUENTE DE ACCESO  
 ESCALA: S/E



CORTE A-A  
 ESCALA: S/E

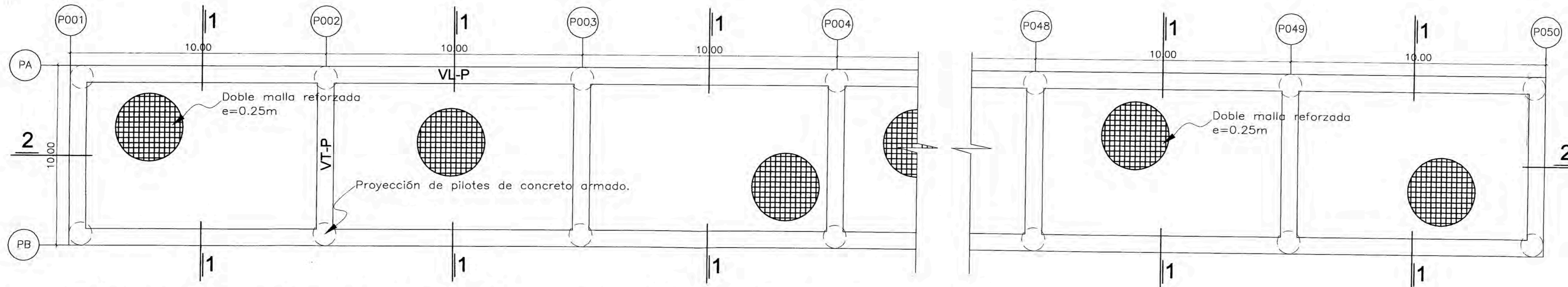


CORTE B-B  
 ESCALA: S/E

ACERO DE REFUERZO PARA VIGA TRANSVERSAL (VT-P) DEL PUENTE DE ACCESO  
 ESCALA: S/E

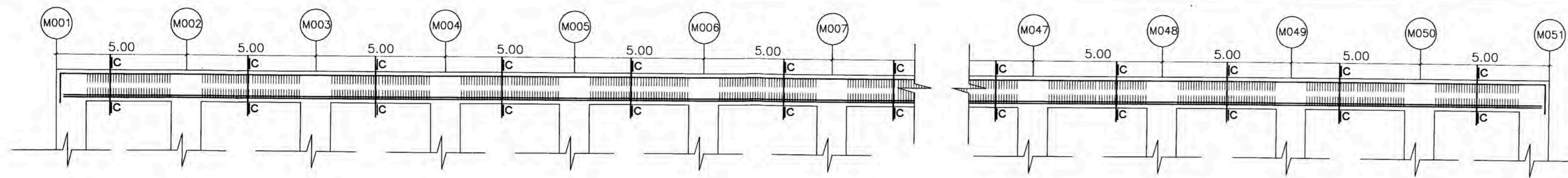
ESPECIFICACIONES

- CONCRETO  $f'c = 350$  kgr./cm.2
- ACERO  $f_y = 4,200$  kgr./cm.2
- RECUBRIMIENTO:
  - Pilotes: 7.5cm
  - Losas: Superior: 5cm
  - Inferior : 6.5cm
  - Vigas: 6.5cm

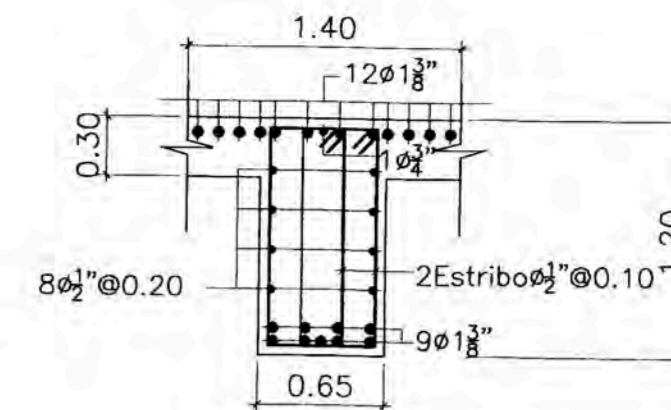


ACERO DE REFUERZO PARA LOSA ARMADA DEL PUENTE DE ACCESO  
 ESCALA: S/E

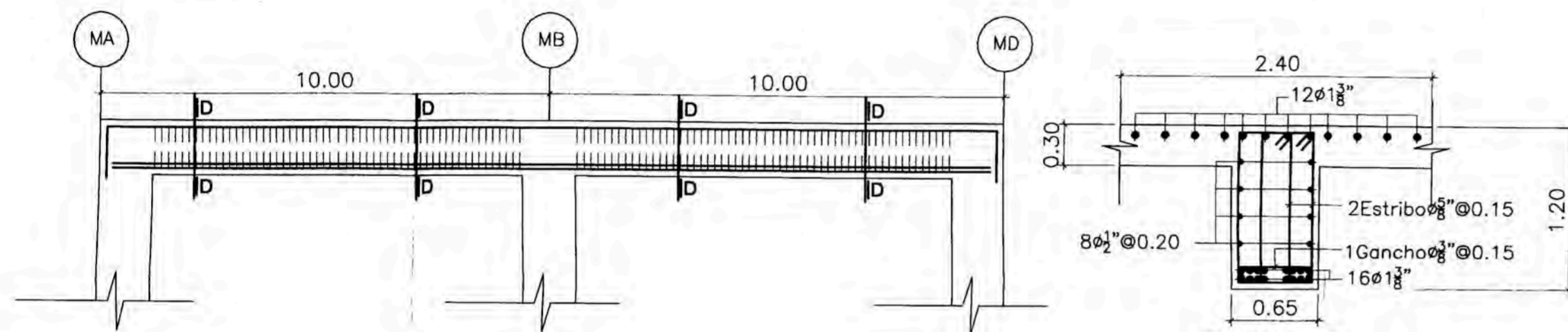




ACERO DE REFUERZO PARA VIGA LONGITUDINAL (VL-M) DEL MUELLE  
ESCALA: S/E



CORTE C-C  
ESCALA: S/E



CORTE D-D  
ESCALA: S/E

ACERO DE REFUERZO PARA VIGA TRANSVERSAL (VT-M) DEL MUELLE  
ESCALA: S/E

ESPECIFICACIONES

-CONCRETO  $f'c = 350$  kgr./cm.2

-ACERO  $f_y = 4,200$  kgr./cm.2

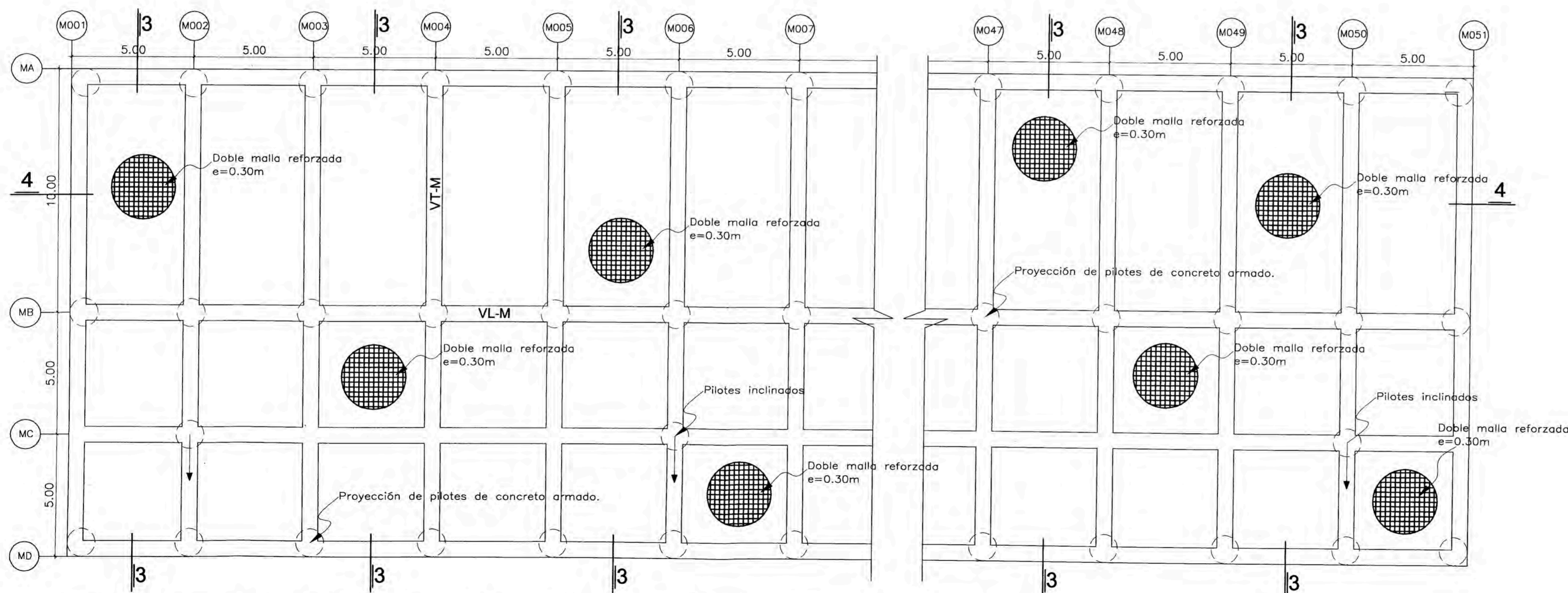
-RECUBRIMIENTO:

Pilotes: 7.5cm

Losas: Superior: 5cm

Inferior : 6.5cm

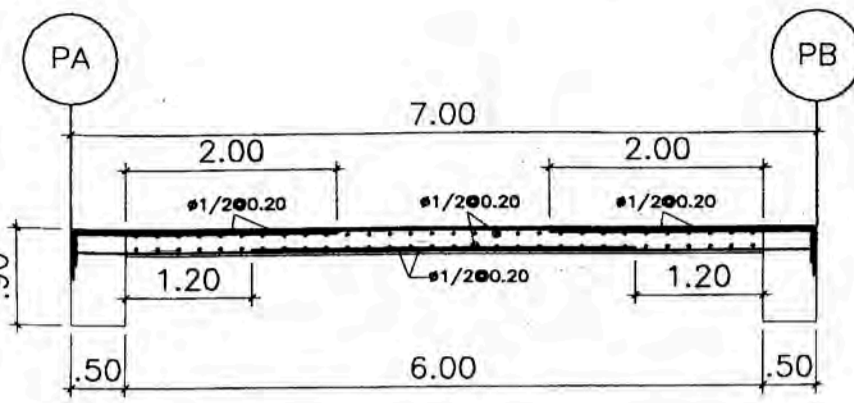
Vigas: 6.5cm



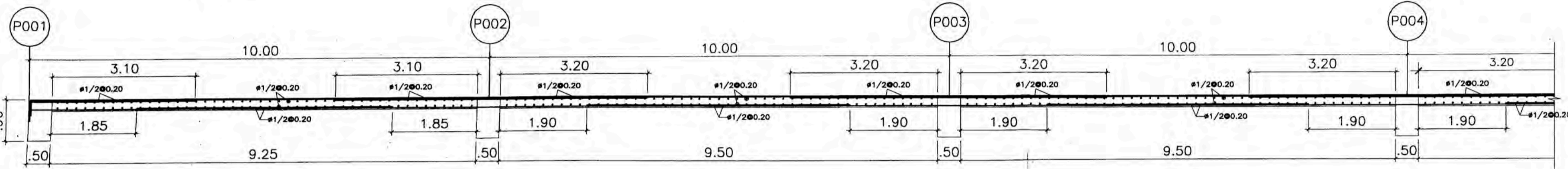
ACERO DE REFUERZO PARA LOSA ARMADA DEL MUELLE  
ESCALA: S/E

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL			
BACHILLER:	PROYECTO:	FECHA:	
WALTER ELMER VENTURA AURORA	PERFIL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE EMBARQUE DE CONCENTRADO DE COBRE CHICAMA	MARZO - 2011	
PLANO:	ESCALA:	INDICADA	E5
ARMADURA DE REFUERZO DE VIGA LONGITUDINAL, TRANSVERSAL Y LOSA DEL MUELLE.			

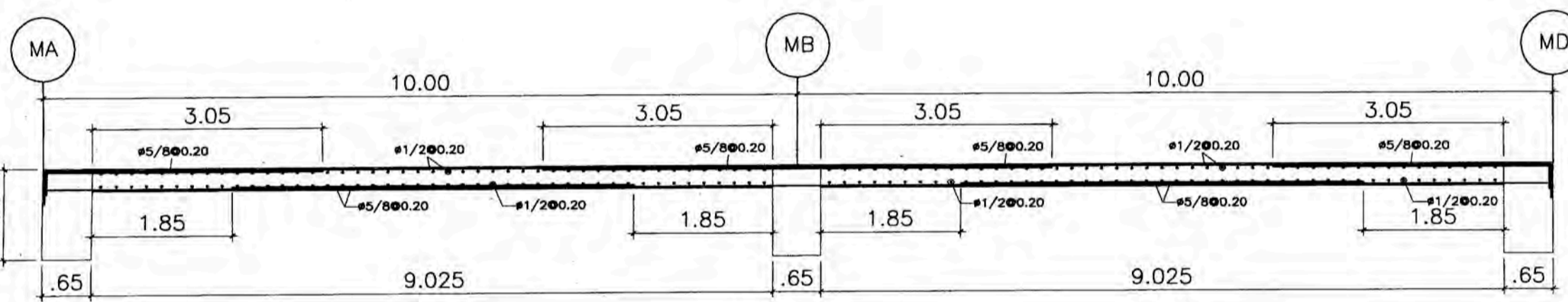
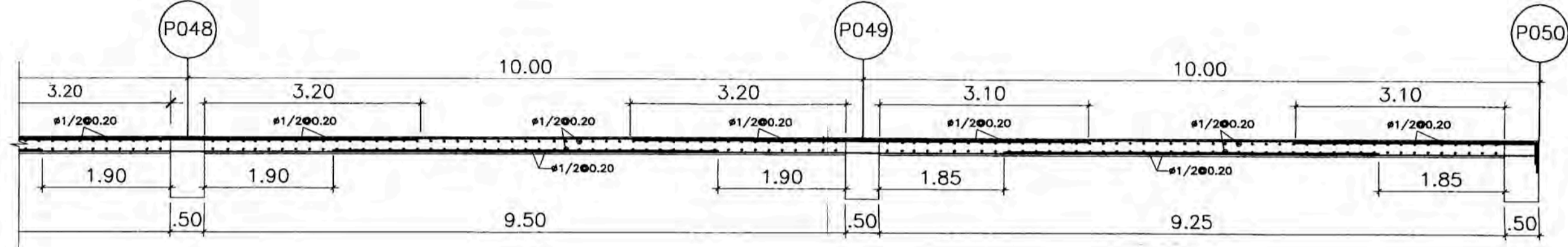




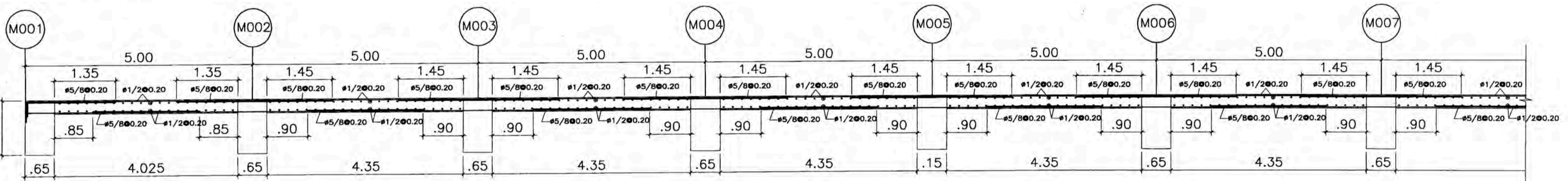
**CORTE 1-1**  
ESCALA: S/E



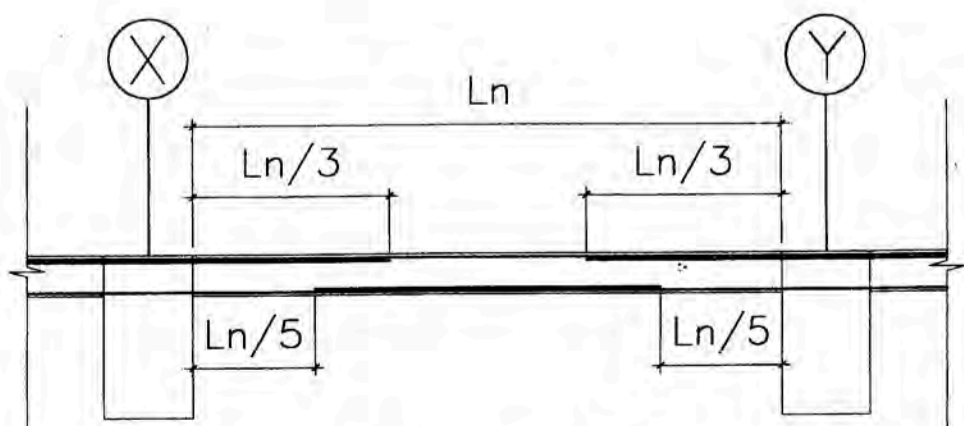
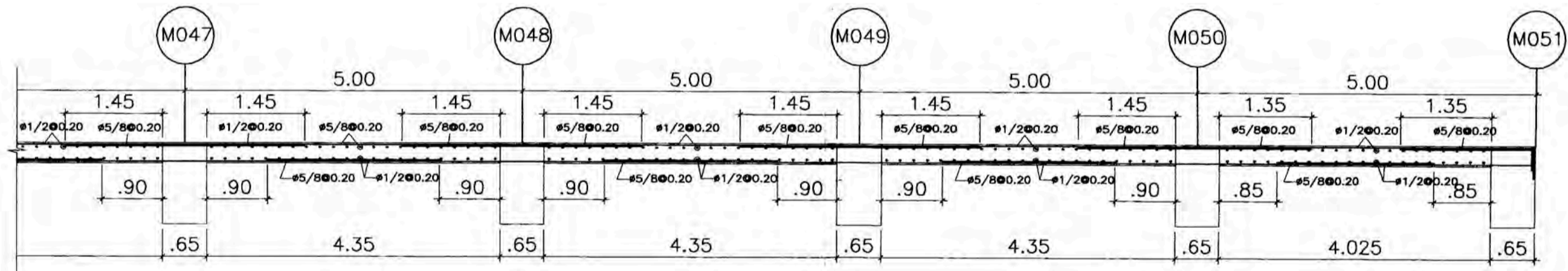
**CORTE 2-2**  
ESCALA: S/E



**CORTE 3-3**  
ESCALA: S/E



**CORTE 4-4**  
ESCALA: S/E



**Longitud de desarrollo de bastones**  
ESCALA: S/E

**ESPECIFICACIONES**

- CONCRETO  $f'c = 350$  kgr./cm.2
- ACERO  $f_y = 4,200$  kgr./cm.2
- RECUBRIMIENTO:
  - Pilotes: 7.5cm
  - Losas: Superior: 5cm
  - Inferior : 6.5cm
  - Vigas: 6.5cm

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>INFORME DE SUFICIENCIA PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</b>			
BACHILLER:	PROYECTO:	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTE DE ACCESO Y MUELLE.	
WALTER ELMER VENTURA AURORA	PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE EMBARQUE DE CONCENTRADO DE COBRE GUACAMA		
PLANO:	ESCALA:	FECHA:	
CORTES PARA ARMADURA DE LOSAS DE PUENTE DE ACCESO Y MUELLE.	INDICADA	MARZO - 2011	E6