

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**DISEÑO DE UN PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN  
VOLADOS SUCESIVOS: COMPARACIÓN DE DISEÑO Y COSTO DE  
CONSTRUCCIÓN ENTRE EL PUENTE DISEÑADO Y EL PUENTE  
CONSTRUIDO EN ACERO Y HORMIGON POSTENSADO SOBRE LA  
QUEBRADA DE GUALO.**

**JUAN CARLOS ARAÚJO PORTILLA**

**TESIS DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TITULO DE INGENIERO CIVIL**

Quito, diciembre de 2011.

**Universidad San Francisco de Quito**

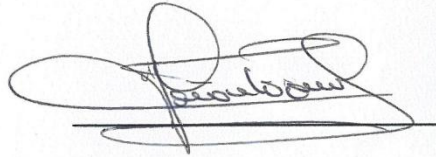
**Colegio De Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**DISEÑO DE UN PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN VOLADOS  
SUCESIVOS: COMPARACIÓN DE DISEÑO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN  
ENTRE EL PUENTE DISEÑADO Y EL PUENTE CONSTRUIDO EN ACERO Y  
HORMIGON POSTENSADO SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO.**

**JUAN CARLOS ARAÚJO PORTILLA**

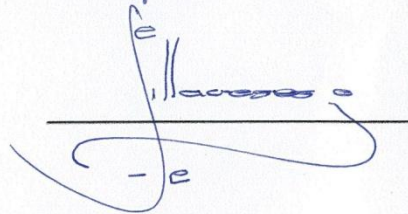
Fernando Romo, MSA.  
Director de Tesis y  
Miembro del Comité de Tesis  
Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería



Fabricio Yépez, PhD.  
Miembro del Comité de Tesis



Enrique Villacreses, MSA.  
Miembro del Comité de Tesis



Quito, diciembre de 2011.

© **Derechos de Autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, art. 5:  
“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra,  
independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los  
derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al  
cumplimiento de formalidad alguna.” (Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a mis padres, por ser mi motivación diaria, a mi hermana por su apoyo, a mi novia por su amor, por apoyarme y soportarme en todos los momentos y a los amigos que siempre estuvieron ahí. Sobre todo, está dedicada a mi abuelo Jorge Araújo, la persona más valiosa y respetada que he conocido en mi vida. La persona más querida y valiente que he tenido la dicha de conocer. Un hombre de amplios conocimientos, valores y coraje. Un hombre honrado y honesto que ha sido a lo largo de mis veinticinco años un ejemplo a seguir y que además fue parte importante en mi decisión de escoger lo que quiero ser en el futuro.

## Agradecimientos

Agradezco infinitamente a mis Padres por todo lo que han hecho por mí y por darme la oportunidad de estudiar lo que verdaderamente me gusta, a mi novia por sus consejos, su apoyo incondicional y sus palabras de aliento. A mi hermana por establecer metas altas a las que tener que igualar. Agradezco a mis abuelos por su apoyo y motivación. Agradezco a mis profesores de quienes aprendí cosas muy importantes dentro y fuera de mi carrera universitaria y agradezco también a una persona que definió mi forma de ser, un hombre a quien respeto mucho y a quien siempre estaré muy agradecido, Fabián Zurita.

## Resumen

El hormigón pretensado en puentes en volados sucesivos se ha ido afianzando en el mundo como la mejor opción al momento de la construcción de puentes de luces de entre los 60 y 320 metros. Esta tecnología utiliza en una forma óptima las propiedades del acero y del hormigón. En este trabajo se realizó el diseño estructural de un puente de 200 metros de longitud, con una luz máxima de 98 metros, el diseño se hizo en hormigón pretensado y volados sucesivos. En el diseño se consideró toda la estructura del puente desde las cimentaciones, los estribos, los pilares, la viga cajón, los cables de pretensado, etc. El puente fue diseñado para cumplir con la topografía de la zona del puente actualmente construido en la quebrada de Gualo, este puente fue construido en acero y en una sección se utilizaron vigas de hormigón postensado. Se realizó el diseño estructural, se describió el proceso constructivo, se calcularon las cantidades de materiales y se realizó una estimación del costo de construcción. En esta tesis se compararán los diseños y los costos de construcción de los dos puentes para determinar cuál de las dos opciones es la mejor para generar un beneficio económico al país.

## Abstract

Prestressed concrete in segmental bridges built by the cantilever method have been established in many countries as the best option for building bridges with lengths between 60 and 320 meters. This technology uses in an optimum way the specific properties of the steel and concrete. In this paper the structural design of a bridge two hundred meters long and a maximum span of 98 meters was developed, the design was made in segmental prestressed concrete and considering the cantilever method for its construction. The author considered all the elements of the bridge in the design, foundations, abutments, piers, box girder, prestressed cables, etc. were designed in this paper. The bridge was designed to satisfy all the conditions of the zone where the actual bridge was built, this bridge was built with steel and some prestressed concrete beams over Gualo's gorge. The structural design was developed, the construction process was explained, materials quantities were calculated and cost estimation was done. In this thesis a comparison between the two bridges and their costs was done to determine which one is the best option to generate an economical benefit to our Country.

## Índice de contenido

### Contenido

Dedicatoria .....	i
Agradecimientos .....	ii
Resumen.....	iii
Abstract .....	iv
Índice de contenido.....	v
1. Introducción .....	1
2. Puentes de Hormigón Pretensado .....	5
2.1 Historia y tipos de puentes.....	5
2.2 Puentes en volados sucesivos .....	17
3. Topografía de la zona en donde el puente será construido .....	21
4. Pre-diseño del puente en hormigón pretensado y volados sucesivos.....	24
4.1 Pre-diseño de la sección longitudinal del puente. ....	24
4.2 Pre-diseño de la sección transversal del puente.....	26
5. Diseño del puente de hormigón pretensado y volados sucesivos. ....	29
5.1. Cargas y estados de cargas a utilizarse en el diseño del puente. ....	29
5.2 Dimensionamiento y diseño de la sección longitudinal del puente .....	34
5.3 Diseño de la sección transversal del puente. ....	44
5.4 Diseño de los pilares del puente. ....	60
5.5 Análisis de la capacidad resistente del puente .....	75
5.6 Diseño de los cables de pretensado.....	83
5.7 Diseño de la cimentación del puente.....	108
5.8 Diseño de los estribos del puente .....	111
6. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN VOLADOS SUCESIVOS SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO.....	125
6.1 Descripción general del proceso constructivo .....	125
6.2 Construcción de cimentaciones .....	129
6.3 Construcción de estribos.....	132



6.4 Construcción de Pilas .....	136
6.5 Construcción de Viga cajón .....	139
6.6 Construcción de detalles y finalización del puente.....	145
7. DESCRIPCIÓN DE RUBROS PRINCIPALES Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS GENERALES .....	147
8. COSTO TOTAL CALCULADO DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO CONSTRUIDO EN HORMIGÓN PRETENSADO Y EN VOLADOS SUCESIVOS.....	151
9. REVISIÓN DE DISEÑO, MÉTODO CONSTRUCTIVO Y COSTO FINAL DEL PUENTE EXISTENTE SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO CONSTRUIDO EN ACERO .....	154
10. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DOS PUENTES .....	163
CONCLUSIONES .....	172
REFERENCIAS.....	178
APÉNDICES .....	180
Apéndice A .....	180
Apéndice B. ....	227
Apéndice C.....	233
Apéndice D. ....	236
Apéndice E.....	243
Apéndice F.....	245
Apéndice G. ....	252



## 1. Introducción

El Ecuador es un país en crecimiento en el que deben empezarse a construir más carreteras que beneficien al país, uniendo ciudades con distancias más cortas y con tiempos de viaje menores. Debido a la geografía del Ecuador es indispensable contar con puentes de todo tamaño de luces a costos lo más bajos posibles para el mayor beneficio del país. Esto se consigue con buenas tecnologías de diseño y construcción, métodos modernos y métodos comprobados en todo el mundo en ser más económicos. En el caso de puentes, esta tecnología es el hormigón pretensado, y en especial, los puentes en volados sucesivos de hormigón pretensado.

Los puentes en hormigón pretensado han ido ganando fuerza desde hace aproximadamente sesenta años y se han ido afianzando en la mayoría de países desarrollados del mundo. Esta tecnología utiliza un excelente material de construcción que junta la durabilidad y resistencia a la compresión del hormigón, con la altísima resistencia a la tensión de los cables de acero. Muchos diseños de puentes se han realizado con hormigón pretensado y cada uno se ha adaptado a las necesidades de los constructores en las diferentes partes del mundo. Los diseñadores han ido creando puentes en hormigón pretensado que sean lo suficientemente económicos para cada tipo de luz que deban cumplir.

Los puentes en hormigón pretensado se utilizan en tramos con luces desde los veinte metros hasta puentes con luces de seiscientos y hasta ochocientos metros. No hay duda que el hormigón pretensado es un material que brinda propiedades únicas si relacionamos durabilidad, economía y estética. Muchos puentes construidos en hormigón pretensado, aparte

de ser económicos, son muy estéticos y por eso llaman mucho la atención, sin embargo, son los puentes en volados sucesivos los que más confianza han ganado en estos últimos sesenta años, en los que los puentes de hormigón pretensado han sido utilizados. Los puentes en volados sucesivos son muy económicos en los rangos de luces desde los sesenta metros hasta los trescientos metros, además de eso, son puentes increíblemente estéticos, rápidos de construir y más fáciles de construir en zonas donde el acceso es restringido.

La vía Simón Bolívar brinda la posibilidad de viajar desde el sur de la ciudad de Quito, en la población de Tambillo, hasta el norte de la ciudad de Quito hasta la población de Calderón, sin tener que ingresar a la ciudad. Es una autopista que tiene un alto tráfico vehicular, de camiones, buses y vehículos livianos. El puente que cruza la quebrada de Gualo cubre una luz de 200 metros y ofrece una longitud óptima para el uso de un puente de hormigón pretensado en volados sucesivos, el puente consta de dos puentes uno para cada sentido de circulación y cada uno de ellos tiene tres carriles. Cada puente tiene 13.5 metros de ancho y consta con veredas a los dos lados del puente.

El puente existente sobre la quebrada de Gualo fue construido en acero principalmente, aunque, tiene una sección en la que fueron utilizadas vigas de hormigón pretensado. Este trabajo intenta demostrar que los puentes de hormigón pretensado en volados sucesivos son una mejor alternativa de construcción para el país, al ser un método más económico y rápido, lo que significaría un beneficio enorme para el Ecuador al ser este un país en desarrollo en donde la construcción de puentes y carreteras tiene que aumentar en los próximos años.

El método de los volados sucesivos es un método constructivo en donde se utiliza el hormigón armado para diseñar la sección transversal del puente en la mayoría de los casos y el

hormigón pretensado para diseñar las secciones longitudinales del puente que son llamadas dovelas. Estas dovelas pueden tener entre 3 y 6 metros de longitud y por lo general tienen una sección transversal variable. Esta sección empieza teniendo un peralte muy grande en las dovelas junto a los pilares y una sección con peralte pequeño en la dovela de cierre o unión y en las dovelas de los extremos. El método de los volados sucesivos consiste en fundir los pilares del puente y desde ellos empezar la construcción de la superestructura del puente. Esta superestructura se va construyendo simultáneamente hacia los dos lados del pilar, fundiendo en lo posible las dos dovelas, una hacia cada lado, al mismo tiempo. Esto se busca con el propósito de equilibrar la estructura isostática y así obtener los momentos flectores más pequeños posibles en los pilares. Así se va progresando fundiendo un par de dovelas a la vez y tensionando los cables de acero para obtener los beneficios del hormigón pretensado.

Al terminar de fundir las dovelas se procede a fundir la dovela de cierre y a construir las juntas en los estribos en donde se colocan los sistemas de sismo-resistencia. Con el método de volados sucesivos se tiene un método constructivo rápido, económico y que no necesita de mayor mantenimiento. El diseño en hormigón pretensado de volados sucesivos es complicado, y hay que considerar algunos factores que no son considerados en el diseño de puentes de acero, pero tienen la cualidad de que su diseño al momento de construcción, por lo general, rige el diseño final del puente. Esto sucede ya que en el momento de construcción la estructura debe resistir muchas más fuerzas que al momento del funcionamiento normal.

En nuestro país la tecnología de los puentes en volados sucesivos, es una tecnología que no ha sido muy trabajada hasta la fecha, recientemente han sido construidos los primeros puentes en volados sucesivos en el Ecuador y la mayoría de ellos se los ha hecho con dovelas

prefabricadas. Lo que este trabajo abarca es todo el diseño estructural de un puente en volados sucesivos que cubriría una luz total de 200 metros, con una luz libre máxima de 98 metros. El puente consta de dos puentes gemelos, cada uno de ellos de 13.50 metros de ancho con veredas a los dos lados de cada puente y tres carriles de circulación. Estas medidas son las mismas con las que fue diseñado y construido el puente existente sobre la quebrada de Gualo, el cual fue construido en acero y un tramo del mismo fue construido con vigas I de hormigón postensado.

Los puentes de acero han sido los puentes de mayor acogida en el Ecuador, así como los puentes de hormigón armado. Estos puentes se han construido en todo el país y a costos bastante altos, lo que significa un perjuicio para el estado y para todos los ecuatorianos. Con este trabajo lo que se intenta, es demostrar los beneficios de los puentes en volados sucesivos de hormigón pretensado, para que estos vayan adquiriendo más fuerza y cada vez se diseñen y construyan más puentes con este método, lo que significaría un beneficio para nuestro país.

En este trabajo se diseñará un puente en volados sucesivos, se explicará el método de construcción, se calcularán los costos aproximados de construcción del mismo y se hará una comparación técnica y económica entre el puente diseñado y el puente existente sobre la quebrada de Gualo después de un análisis general de la estructura utilizada en el puente existente.

## 2. Puentes de Hormigón Pretensado

### 2.1 Historia y tipos de puentes

El hormigón pretensado es una tecnología de la construcción que vio sus inicios en los años 1900's y lo que pretende es aplicar una fuerza, normalmente aplicada como una fuerza externa al concreto, mediante el uso de cables o varillas. En general, con esto se logra obtener luces más largas, estructuras más estéticas y costos más bajos.

El hormigón pretensado data de los inicios del siglo XX cuando varios ingenieros empezaron a experimentar con esta técnica, pero fue Eugene Freyssinet quien se atrevió a aplicar para la primera patente de este sistema de construcción en 1928. En 1930 Freyssinet utilizó el concepto de pretensión en la construcción del puente Plougastel en Francia. En 1927 dos Alemanes Dyckerhoff y Widmann utilizaron varillas postensadas durante la construcción del puente en arco en Asleben, Alemania. Estos dos, más tarde fundarían la compañía DYWIDAG, una de las compañías pioneras y líderes en sistemas de pretensión hasta el día de hoy. En 1936 se construyó el primer puente de hormigón pretensado, fue el Oued Fodda en Algeria. Sin embargo, no fue hasta después de la segunda guerra mundial que la construcción de puentes en hormigón pretensado se consolidó como uno de los métodos más eficientes. Después de la segunda guerra mundial hubo una escasez de acero en todo el planeta y fue por esta razón que el hormigón pretensado se consolidó en gran parte del mundo. El primer puente de hormigón pretensado en volados sucesivos se construyó en 1950 en Alemania, fue llamado Lahn Bridge, y se construyó en la ciudad de Balduinstein.

Desde ese momento empezó un desarrollo de técnicas de construcción y de implementos constructivos cada vez mejores, más eficientes y más baratos. Los sistemas se han ido perfeccionando con el tiempo y con la experiencia. Se ha logrado mejorar las resistencias de los hormigones así como las resistencias de los cables, los límites de fluencia y los grados de relajación. Se ha aprendido a considerar las diferentes pérdidas de pretensión, las debidas maneras de tensar los cables o varillas y los tratamientos que deben dárseles a los materiales para evitar la corrosión del acero y minimizar el desgaste de los mismos. Se han ido desarrollando sistemas para facilitar la colocación del cable a través de la viga y mejorar la sujeción de los anclajes o mordazas que se utilicen.

La gran demanda de puentes debido al crecimiento de la población y del desarrollo de todos los países del mundo, dieron paso a una rápida evolución de los procesos constructivos y de los diseños de puentes de hormigón pretensado. Se desarrollaron diferentes tipos de vigas como las “T” invertidas, las vigas “I” las vigas de cajón, las vigas “U” y las vigas “M”. Con el tiempo se fueron percibiendo más y más los beneficios del hormigón pretensado y en los años 60’s se empezaron a construir puentes atirantados con luces de hasta 500 metros que utilizaban sistemas de vigas y losas de hormigón pretensado con peraltes muy reducidos.

El desarrollo del hormigón pretensado en puentes seguirá ganando importancia por muchos años más, ya que cada vez se obtienen hormigones de mejores características, más livianos y más resistentes, así mismo, se van fabricando cables con menor grado de relajación, con mayores límites de fluencia permitiendo así que cada vez se logren cosas más importantes, más baratas y más fáciles de construir que con otros materiales como el acero, el hormigón armado o las estructuras mixtas.



Hay diferentes factores que pueden influir en el diseño y construcción de puentes de hormigón pretensado, algunos de ellos pueden ser: El tiempo o velocidad de construcción que se debe cumplir, las dificultades de acceso, las longitudes de las luces y la estética.

Los puentes de hormigón pretensado se utilizan en un amplio rango de luces y su diseño se hace dependiendo de la longitud que deben alcanzar. Los puentes de vigas simplemente apoyadas, de elementos prefabricados, pueden fácilmente lograr luces de hasta 40 metros. Con un puente en volados sucesivos construidos in situ se pueden alcanzar luces máximas de hasta 300 metros. Con puentes atirantados con sistemas de vigas y losas pretensadas se puede llegar a cumplir una luz máxima de hasta 800 metros.

Existen 4 familias principales de grandes puentes de hormigón pretensado que corresponde cada uno a un tipo de construcción.

- Puentes de vigas prefabricadas.
- Puentes empujados.
- Puentes construidos sobre cimbras autoportantes y autolanzadas(volados sucesivos).
- Puentes atirantados

Los puentes de Hormigón Pretensado más utilizados son los construidos por volados sucesivos ya que estos permiten luces muy grandes, costos bajos y tiempos de construcción cortos, además, son muy llamativos por su belleza.

A continuación se presenta un cuadro donde se puede apreciar mejor las luces para las cuales son óptimos cada tipo de método constructivo.

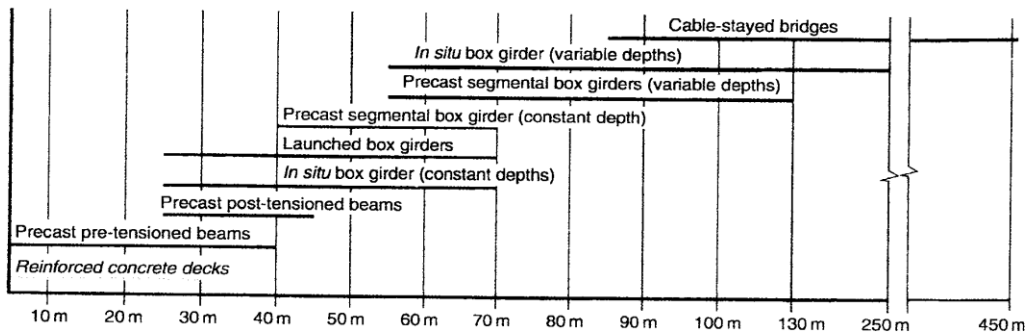


Figure 7.1. Span ranges for different deck types.

120

Imagen 2.1 obtenida del libro de Nigel Hewson, *Prestressed concrete bridges: construction and design*.

Es muy importante tomar en cuenta que el diseño y el método constructivo van de la mano y no debe pensarse en el uno sin pensar en el otro.

Dentro de los implementos que se necesitan para una construcción con hormigón pretensado están los siguientes:

- Cables de acero
- Tendones o ramales de cables
- Varillas
- Anclajes y mordazas
- Acoples o juntas para cables y varillas
- Tubería de plástico o metal para ductos
- Gatos hidráulicos
- Material para “grouting” o relleno

- Sistemas de paso de cables (puede hacerse manualmente si la longitud no es muy grande).

A continuación se muestra un gráfico de las longitudes y los métodos constructivos óptimos dependiendo del tipo de acceso que se tenga.

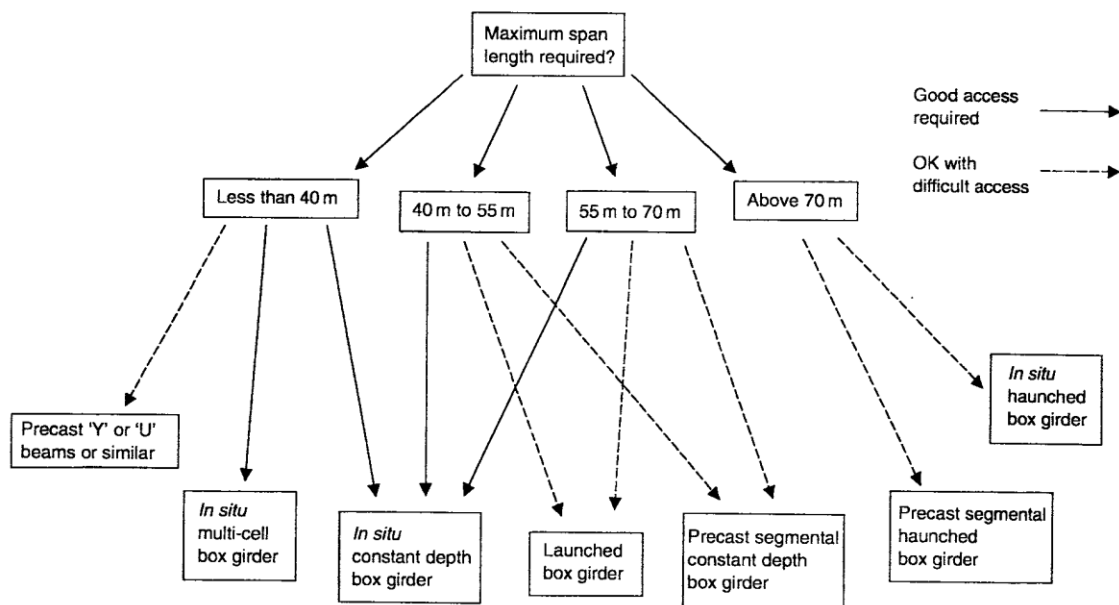


Figure 7.8. Choice for multi-span viaducts.

Imagen 2.2 obtenida del libro de Nigel Hewson, Prestressed concrete bridges: construction and design.

Los puentes de hormigón pretensado son de diferentes tipos y a continuación se presenta un resumen y una descripción corta de cada uno de ellos.

-Puente de losa maciza pretensada.- Sirve para luces cortas de hasta 10 metros.

Consiste en un puente de una losa maciza pretensada que se construye cuando se tiene un fácil acceso porque se necesita de una obra falsa o un encofrado muy bueno para su construcción.

- Puente de losa y vigas pretensadas.- Puede lograrse luces de hasta 40 metros, consiste en armar el encofrado de vigas y losa juntas y fundirlas al mismo tiempo, se espera a que el hormigón obtenga una resistencia adecuada y se prosigue a tensar los cables de pretensado. Son económicos y no se necesita de equipo muy sofisticado para su construcción.

-Puente de vigas prefabricadas.- Estos puentes son fáciles de construir pero necesitan de una gran infraestructura o fábrica para construir las vigas y el traslado de las vigas al sitio del puente puede ser muy complicado. Con una grúa las vigas son colocadas sobre los estribos y sobre estas se funde la losa y el puente está terminado. Son muy rápidos de construir. Alcanzan luces de hasta 45 metros dependiendo de si fueron vigas pre-tesadas o pos-tesadas.

-Puente de viga cajón multi-cell construido in situ.- Estos puentes son muy eficientes en cuanto a flexibilidad, se pueden lograr luces de hasta 200 metros, facilitan la construcción de curvas en los puentes. Para su construcción se necesita de un trabajo muy dificultoso de obra falsa ya que el hormigón debe fundirse in situ. Pueden ser de peralte constante o variable dependiendo de la luz que se necesite cumplir. Con peralte constante se logran luces de hasta 60 metros y con peralte variable se consiguen luces de hasta 200 metros.

-Puente de viga cajón single-cell construido in situ.- Estos puentes son muy eficientes, se logran luces de hasta 300 metros, y son económicamente rentables desde los 40 metros de luz. Estos puentes utilizan de muy buena manera la distribución de hormigón, facilitan el pretensado, son muy atractivos a la vista y pueden ser de hasta 14 metros de ancho o un poco

más. Permiten la construcción de curvas en los puentes. Son puentes construidos generalmente en volados sucesivos y pueden tener secciones de peralte constante o variable dependiendo de la luz que se tenga que satisfacer.

-Puente en volados sucesivos de segmentos prefabricados de hormigón pretensado.-

Estos puentes son muy rápidos de construir, no necesitan de encofrados son rentables económicamente de los 40 hasta los 150 metros. Sirven cuando el acceso es muy complicado, ya que solo se necesita una grúa que mueva y coloque cada segmento en donde le toque. Cada segmento se une con mortero de cemento o bondex y últimamente los más recientes se unen por sí mismos y se llama “dry bonding”. Los cables de acero se pasan y se tensan cuando cada par de dovelas ha sido colocado en el sitio.

- Puentes lanzados incrementalmente.- Estos puentes se prefabrican un poco antes del primer estribo, cuando la primera pieza está fabricada, se la empuja cierta distancia, después se empieza a fundir la siguiente sección junto con la primera y se las vuelve a empujar, y así se las va empujando hasta llegar al siguiente estribo. Es un método rápido pero no se logran luces mayores a los 70 metros.

En esta figura se muestra el proceso de construcción de vigas lanzadas o empujadas.

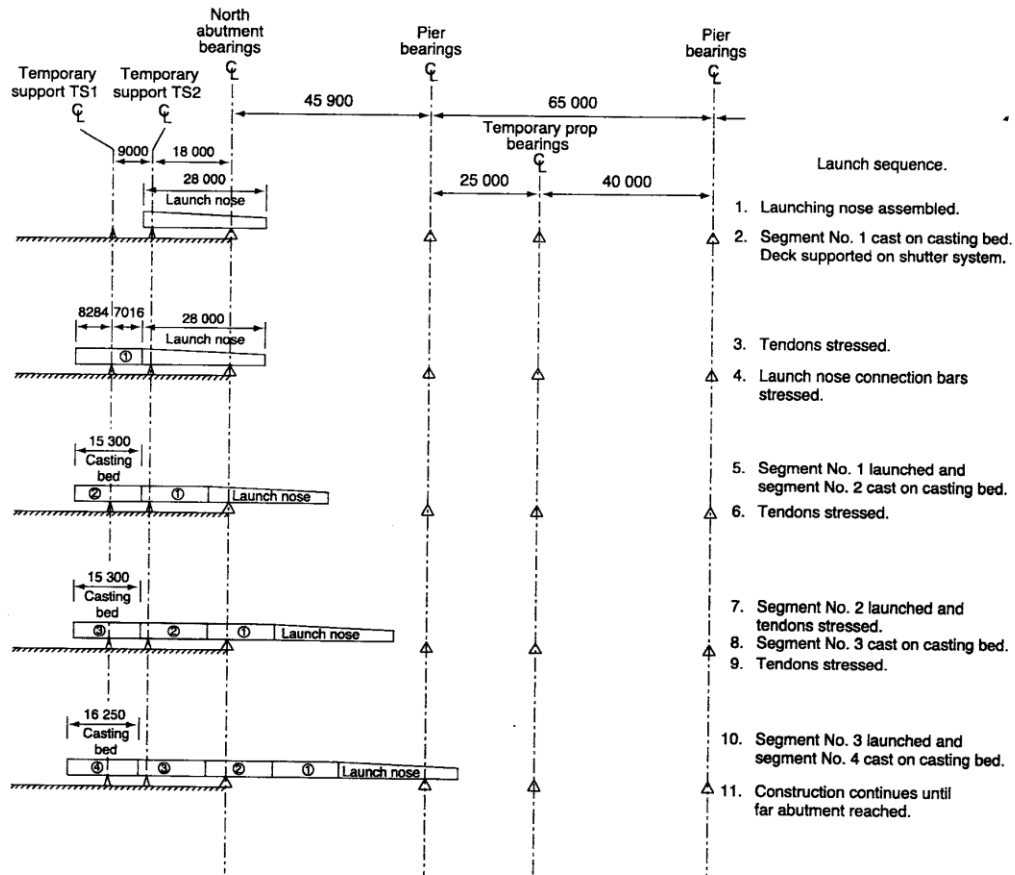


Figure 15.7. Typical casting and launching sequence for deck. Reproduced courtesy of Tony Gee and Partners. Copyright reserved.

Imagen 2.3 obtenida del libro de Nigel Hewson.

-Puentes en volados sucesivos fundidos in situ.- Estos puentes utilizan el sistema casi siempre de vigas cajón y son muy efectivos y modernos ya que no se necesita de una obra falsa o encofrado ya que hay unas maquinas que son parte del encofrado, que son regulables para el tipo de sección y se desplazan por sí mismas o ayudadas. Son rápidos de construir, facilitan la construcción y disminuyen los costos de construcción. Estos puentes pueden llegar a tener luces de hasta 300 metros, se construyen en volados sucesivos y la sección de las

dovelas puede ser constante o variable. Este método de construcción ha sido el más utilizado en los últimos años y se ha vuelto muy común su uso debido a la velocidad de construcción y a la estética de los puentes terminados. Consiste en fundir simultáneamente un par de dovelas, una a cada lado de la pila, con el fin de que se vayan equilibrando mutuamente y al estar fundidas y al haber ganado, el hormigón, algo de resistencia se prosigue a pasar y tensar los cables de pretensado

-Por último tenemos los puentes atirantados con sistemas de losa y vigas de hormigón pretensado, que son puentes muy atractivos a la vista, se logran luces muy significantes de hasta 800 metros y es un sistema muy usado en los últimos años por la hermosura de estas obras.

A continuación se presenta un cuadro de las ventajas y desventajas de cada método constructivo previamente explicado.

Deck type	Advantages	Disadvantages	<b>Concept design of prestressed concrete bridge</b>
Slab	<ul style="list-style-type: none"> <li>• simple construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inefficient section</li> <li>• limited to short spans</li> </ul>	
Voided slab	<ul style="list-style-type: none"> <li>• simple construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inefficient section</li> <li>• limited to short spans</li> </ul>	
Precast beams	<ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum site disruption</li> <li>• rapid construction</li> <li>• economic for spans 20–35 m</li> <li>• repetitive</li> <li>• reduced on-site work</li> <li>• beams cast in factory conditions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• good access to site needed</li> <li>• heavy lifting equipment</li> <li>• complex to achieve continuous construction</li> <li>• less aesthetically pleasing</li> <li>• limited use with curved decks</li> </ul>	
<i>In situ</i> multi-cell box girder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efficient deck section</li> <li>• aesthetically pleasing</li> <li>• simple construction</li> <li>• economic for short lengths and medium spans</li> <li>• can cope with complex geometry</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• labour intensive</li> <li>• significant temporary works</li> <li>• slow construction</li> <li>• good access needed</li> </ul>	
<i>In situ</i> single-cell box girder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efficient deck section</li> <li>• suitable for tight curves and complex geometry</li> <li>• aesthetically pleasing</li> <li>• simple construction</li> <li>• economic for medium to long spans</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• labour intensive</li> <li>• significant temporary works</li> <li>• slow construction</li> </ul>	
Precast segmental box girder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efficient deck section</li> <li>• suitable for tight curves and complex geometry</li> <li>• rapid construction</li> <li>• aesthetically pleasing</li> <li>• minimal disruption to site</li> <li>• segments cast in factory conditions</li> <li>• economic for long viaducts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• expensive casting yard and equipment costs</li> <li>• high level of technology required</li> </ul>	
Precast full-length span box girder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efficient deck section</li> <li>• rapid construction</li> <li>• aesthetically pleasing</li> <li>• minimal disruption to site</li> <li>• segments cast in factory conditions</li> <li>• economic for long viaducts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• expensive casting yard and equipment costs</li> <li>• high level of technology required</li> <li>• not suitable with difficult access</li> </ul>	
Incrementally launched box girder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• minimum site disruption</li> <li>• minimal environmental impact</li> <li>• repetition</li> <li>• simple construction</li> <li>• minimum temporary works</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• higher concrete, reinforcement and prestress quantities</li> <li>• deeper box section</li> </ul>	
Cable-stayed deck	<ul style="list-style-type: none"> <li>• good aesthetic appearance</li> <li>• only option for very long spans</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• more expensive than other deck types for short spans</li> <li>• design more complex</li> <li>• sophisticated construction</li> </ul>	

Imagen 2.4 Hewson, 1986.



El diagrama siguiente muestra como varía la eficiencia en costo de cada puente basados en la longitud de las luces.

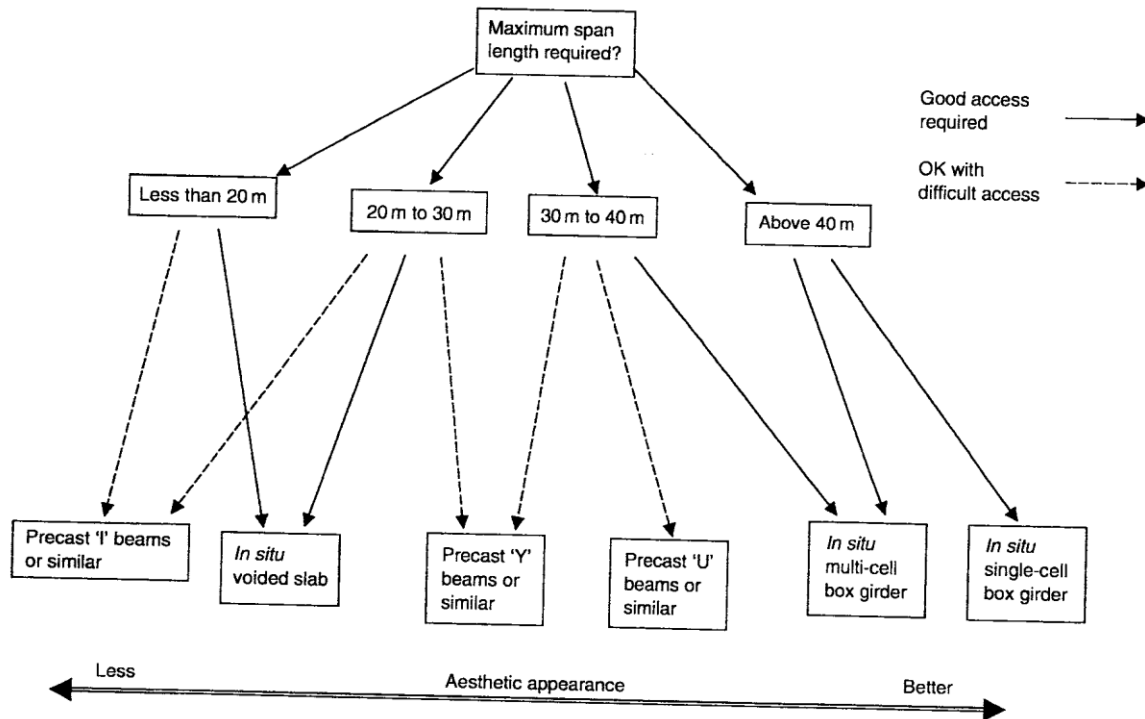


Figure 7.7. Choice for single-span decks.

Imagen 2.5 Hewson, 1986.

El hormigón pretensado tiene un campo súper amplio en la construcción de puentes ya que es un sistema muy eficiente en cuanto a cantidad de materiales, equipo necesario para su construcción, peso bruto de la obra, costos, velocidad de construcción y estética. Desde su aplicación en el campo de los puentes ha ido ganando popularidad y se han ido mejorando los métodos y los implementos de construcción. Es muy importante destacar que la variedad entre elementos fabricados in situ y prefabricados también brinda la oportunidad de una infinita

cantidad de diseños dependiendo de las circunstancias y los medios en los cuales se vaya a construir el puente.

Debido a la importancia que ha tomado el método de volados sucesivos, en este trabajo se detallará a fondo esta moderna manera de construcción y se explicarán sus beneficios y sus complicaciones.

## 2.2 Puentes en volados sucesivos

Los puentes en volados sucesivos han ido ganando popularidad desde los últimos 30 años cuando se empezó a conocer que los puentes fabricados hace 60 o 70 años en acero empezaron a tener problemas debido a la falta de mantenimiento en muchos de ellos. Las autoridades competentes empezaron a tomar en cuenta los gastos post-constructivos de los puentes en acero y los costos subieron mucho. Con el hormigón pretensado llegó la solución para grandes luces con difíciles accesos y la necesidad de construir obras estéticas y hermosas. Los puentes en volados sucesivos tienen la ventaja de que se construyen simultáneamente para cada lado desde cada pilar y así se pueden tener diferentes frentes de trabajo agilizando la construcción y abaratando los costos. Estos puentes cuando son de luces grandes se construyen con secciones o dovelas variables y empiezan teniendo un peralte muy grande cerca de la pila y este se va reduciendo gradualmente hasta llegar a la dovela de cierre.

Cada segmento del puente se va equilibrando con su segmento simétrico del otro lado, permitiendo así que la columna o pilar pueda tener una sección más pequeña. En estos puentes la etapa constructiva casi siempre rige el diseño de las secciones ya que cuando se construyen las dovelas finales es cuando se tienen los mayores momentos en toda la estructura, casi siempre mayores a los que se tienen cuando se consideran todas las cargas que indica el código ecuatoriano de la construcción o el código de la AASHTO.

Cada dovela necesita de al menos dos cables de acero para su pretensado y se tensa a cada par de dovelas simétricas dejando los cables en un lado fijos a través de mordazas o anclajes y del otro lado se los tensa con gatos hidráulicos. Así se avanza con cada par de dovelas simétricas pasando sus cables por las dovelas anteriores. Esto es algo muy importante

para considerar en el diseño de cada dovela ya que las primeras dovelas deben tener ductos suficientes y simétricos para que pasen por cada una de ellas todos los cables que se necesitan, dependiendo del número de dovelas que se tengan para toda la luz y dependiendo del número de cables que se utilicen para cada dovela. Durante el proceso constructivo se tiene en cada pilar una estructura isostática con momentos máximos en la pila y momentos cero en los extremos. Cuando se coloca la dovela de cierre, la estructura cambia su composición y se convierte en una estructura hiperestática y los momentos cambian su diagrama, disminuyendo el momento en las pilas e incrementando los momentos positivos en el centro de la luz.

Generalmente los puentes en volados sucesivos tienen vigas tipo cajón de una célula ya que esto facilita el armado de los hierros de la armadura. Esta armadura depende de la sección pero a veces se utiliza solamente la cuantía de hierros mínima para controlar la retracción por temperatura y con esto la estructura ya resiste todas las solicitudes. Cada dovela es armada y fundida en no más de una semana y se intenta armar las dovelas de cada lado simultáneamente. En el diseño se consideran las deformaciones del hormigón durante el proceso de endurecimiento y se considera la resistencia del mismo en el tiempo en la que cada par de dovelas les afectarán a las anteriores para controlar de mejor manera las pérdidas de pretensión y saber exactamente con cuanta fuerza debe tensarse cada conjunto de cables para cada par de dovelas.



Imagen 2.2.1. Foto de la construcción de un puente en volados sucesivos (Vion y Bouchon).

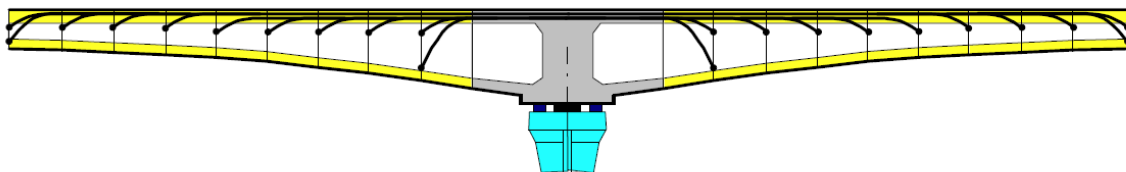


Imagen 2.2.2. Diagrama de la estructura fundamental de los cables de pretensado de un puente en volados sucesivos (Vion y Bouchon)



Imagen 2.2.3. Diagrama de la estructura fundamental de los cables de continuidad de un puente en volados sucesivos en su sección central (Vion y Bouchon)

Imágenes importadas del documento “Prestressed concrete bridges built by the cantilever method” escrito por: Philippe Vion y Emmanuel Bouchon.

### 3. Topografía de la zona en donde el puente será construido

La quebrada de Gualo se encuentra en el nororiente de la ciudad de Quito, a esta se accede por la Vía simón Bolívar a aproximadamente 7 km de Calderón. Es una quebrada profunda de 70 metros de profundidad desde la cota del puente. Se encuentra ubicada en una zona sísmica de grado 4 según el mapa de zonas sísmicas del Ecuador. La quebrada de Gualo se encuentra entre las Parroquias de Zábiza y Gualo. El puente construido sobre esta quebrada forma parte del corredor oriental de la ciudad de Quito que permite la circulación de vehículos de Sur a Norte de la ciudad sin tener que ingresar a ella. Según el reporte geotécnico realizado por la empresa Geosuelos Cía. Ltda. El subsuelo del sitio está compuesto por depósitos de cenizas volcánicas formando estratos de arenas a limos. En el terreno investigado se encontraron:

- Arenas finas limosas no plásticas, tipo SM, poco húmedas, color café claro con algunas tonalidades amarillentas, de compacidad relativa media a densa.

- Limos arenosos no plásticos, tipo ML, poco húmedos, color café con tonalidades claras, oscuras y algunas tonalidades amarillentas, de consistencia media a dura.

- Intercalaciones de capas de pómez en tamaños de arenas a limos de color café claro.

Durante las investigaciones del terreno en donde se realizaron 5 sondeos para obtención de datos de SPT, muestras alteradas e inalteradas no se detectó la presencia de nivel freático.

Los valores de “N” del SPT de los sondeos efectuados permitieron que se defina la compacidad relativa media a densa de los estratos arenosos y una consistencia media a dura de los estratos de limos arenosos. De los resultados obtenidos por la empresa Geosuelos, se sabe

que la capacidad de carga del terreno en donde se construirá el puente es de 400 t/m<sup>2</sup>, sin embargo, ellos recomiendan que no se utilicen valores mayores a 50 t/m<sup>2</sup> por consideraciones de estabilidad de taludes y por la complejidad del terreno encontrado en esa zona.

Durante el proceso constructivo del puente que está construido actualmente y que fue construido por la empresa Consermin S.A. se dieron algunos problemas de estabilidad de taludes los cuales tuvieron que ser corregidos y estabilizados con muros de gaviones, mallas geosintéticas y muros de hormigón armado en una pequeña sección. La zona se ve afectada por la erosión debido a vientos y al agua que corre por la quebrada y hacia la quebrada cuando se han suscitado precipitaciones importantes en la ciudad de Quito y sus alrededores.

La empresa Geosuelos en su informe recomendó a la empresa Consermin S.A. que la cimentación se haga a base de Caissons que son estructuras de cimentación parecidas a los Pilotes pero de mayores diámetros y además tienen una base más amplia lo que ayuda a distribuir mejor las cargas hacia el suelo. Estos Caissons se recomendaron de 15 metros de profundidad, y en el diseño que se realizará para el puente en volados sucesivos, se utilizarán estos mismos Caissons.

La quebrada está constituida por materiales muy erosionables, por lo que la empresa Geosuelos recomendó que se hagan varios trabajos de estabilidad de taludes, reconformación y limpieza de la quebrada antes, durante y después de la construcción con el fin de evitar problemas en las cimentaciones del puente.

A continuación se presentan los perfiles de la sección de la quebrada:



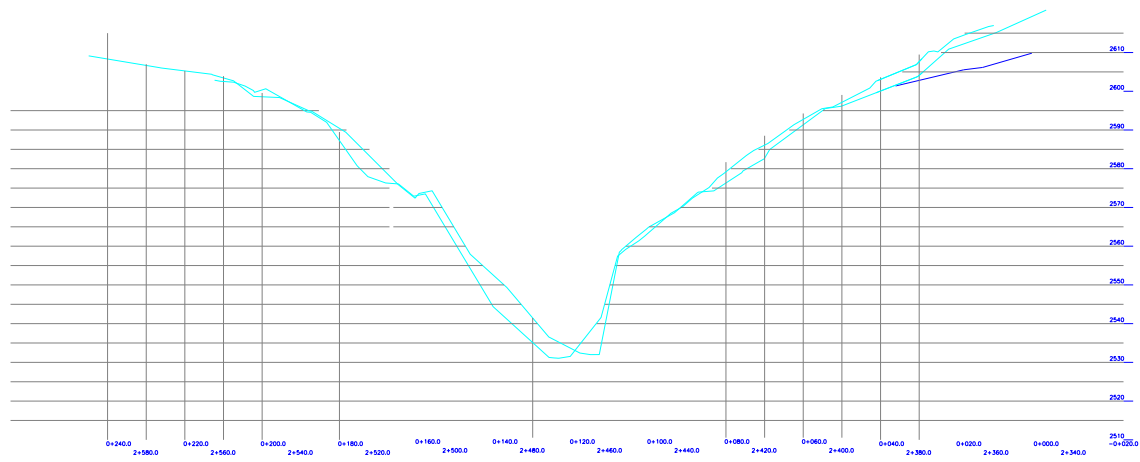


Imagen 3.1. Perfiles transversales de la quebrada de Gualo para donde se diseñará el puente.

## 4. Pre-diseño del puente en hormigón pretensado y volados sucesivos.

### 4.1 Pre-diseño de la sección longitudinal del puente.

El pre-dimensionamiento de la estructura se realiza utilizando los datos del puente existente construido en acero y algunas recomendaciones dadas por la AASHTO y por algunos autores como J. Mathivat, Nigel Hewson y Walter Podolny Jr.

La estructura del puente consiste en dos puentes gemelos, uno al lado del otro, cada uno soporta tres carriles de tráfico de 3.85 metros de ancho, una vereda exterior de 1.20 metros y una vereda interior de 0.50 metros. En este diseño se considerarán 0.125 metros extras a cada lado para los barandales. Esto por lo tanto da un ancho total de cada puente de:

$$A = (3 * 3.85) + 1.20 + 0.50 + (2 * 0.125)$$

$$A = 13.50$$

La longitud total del puente es de 200 metros, y consideradas algunas recomendaciones y ejemplos de puentes construidos en volados sucesivos de hormigón pretensado, se ha determinado utilizar dos pilas para obtener tres vanos. Dos vanos simétricos en los lados y un vano central de mayor longitud. Los puentes en volados sucesivos han demostrado ser muy económicos en un gran rango de luces empezando desde los cincuenta metros hasta los 300 metros.

Los puentes de volados sucesivos pueden ser de sección constante o variable, para luces de más de 60 metros, las secciones variables son la mejor alternativa. Este puente tendrá

una luz máxima de aproximadamente 100 metros por lo que se utilizará una sección variable. Las secciones pueden variar linealmente y parabólicamente ya sea una curva parabólica de segundo o tercer grado. La sección más eficiente ha demostrado ser la que varía como una parábola cúbica, pero esta también es la sección más complicada de construir, lo que puede representar un costo más alto.

Se optará por una variación parabólica de segundo grado y los peraltes que se utilizarán serán obtenidos de recomendaciones de la AASHTO y de algunos autores de libros de puentes en volados sucesivos de hormigón pretensado. Estas recomendaciones dicen que el peralte en los pilares  $h_p$  debe ser:

$$\frac{L}{20} < h_p < \frac{L}{16}$$

Por lo tanto si  $L$  aproximadamente 100 metros tenemos que.

$$\frac{100}{20} < h_p < \frac{100}{16}$$

$$5 < h_p < 6.25$$

Y las recomendaciones dicen que el peralte en los estribos y en la dovela de cierre  $h_c$  deben estar entre:

$$\frac{L}{50} < h_c < \frac{L}{30}$$

$$\frac{100}{50} < h_c < \frac{100}{30}$$

$$2 < h_c < 3.33$$

Por lo tanto podemos estimar que la altura podrá variar desde 2 metros hasta más de 5 metros. Esto se determinará después de realizar el diseño longitudinal final, considerando la topografía de la quebrada y algunos aspectos más específicos.

Si utilizamos los valores óptimos de los peraltes en las pilas y en los estribos y en el centro podemos obtener unos valores aproximados a 2.3 metros en los estribos y en el centro y una altura de 5.5 metros en los pilares.

## **4.2 Pre-diseño de la sección transversal del puente**

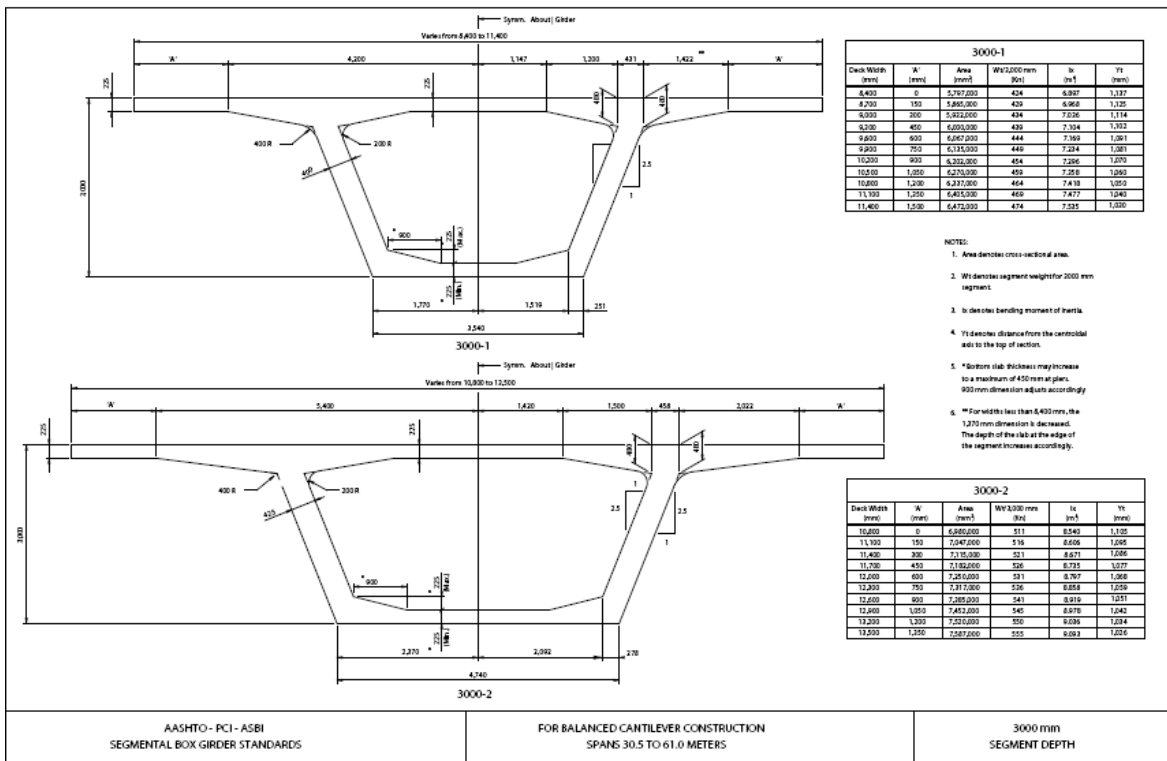
El ancho del puente se determinó en 13.5 metros, lo que es un ancho bastante grande pero todavía dentro de lo recomendado para utilizar vigas cajón unicelulares. Las vigas cajón pueden tener almas rectas o almas inclinadas. Para esta longitud las almas rectas conllevarían a una sección más grande, menos eficiente pero con una menor complejidad al momento de su armado. Una sección cajón con almas inclinadas produce una sección mucho más eficiente, mejora la resistencia a corte horizontal y reduce el ancho de la parte inferior de la sección cajón, lo que permite tener un peralte menor en esa región de la viga cajón. Con esto se logra obtener una sección más delgada, más eficiente, más liviana y por ende más barata. Debe hacerse por lo tanto una evaluación para determinar lo más conveniente entre un sistema auto-soportante de encofrado más complicado, o una sección más grande, menos eficiente, más pesada y más costosa.

Las recomendaciones de la AASHTO sugieren que para anchos de 13.50 metros se utilicen secciones con almas inclinadas ya que esto, a fin de cuentas, representa un mayor beneficio.

Los estribos que se diseñarán serán muy parecidos a los diseñados y construidos para el puente existente en la quebrada de Gualo, así mismo, las cimentaciones que se diseñarán serán similares a las existentes ya que estas estructuras dependen en parte de las características del suelo. Estas características son el ángulo de fricción, la cohesión y la capacidad soportante del suelo.

Las pilas del puente serán de sección rectangular hueca, de grandes dimensiones para obtener una inercia muy grande que logre resistir los momentos máximos que se producirán al momento de la construcción de las dovelas finales y de cierre. Las pilas además serán de sección constante y de dimensiones que permitan tener una buena compatibilidad con la sección de la superestructura. Esto se diseñará así para facilitar la construcción, agilizar los procesos y obtener un mejor rendimiento de avance.

Por estos motivos la sección transversal tendrá una viga inferior de 4.90 metros de ancho y 45 cm de peralte en las secciones de los pilares y que irá variando su peralte hasta 22.5 cm en las secciones de los estribos y el centro del puente. Con una sección de 13.5 metros de ancho se puede utilizar una sección construida solo con hormigón armado y se espera que los cálculos posteriores demuestren que no es necesario tener cables de pre-tensado transversal. El diseño de la sección transversal fue definido a partir de la sección recomendada por la AASHTO, ASBI y PCI



4.2.1. Sección transversal de viga cajón recomendada por la AASHTO, PCI y ASBI. (Imagen obtenida del manual del PCI)

De aquí se obtuvieron las dimensiones para el pre-diseño de la sección transversal. Estas dimensiones ya satisfacen todas las solicitaciones en cuanto a anchos de almas para permitir el buen vibrado del hormigón para obtener una buena resistencia, así como también, satisfacen los peraltes necesarios y la variación de los mismos para permitir el paso de los cables de pretensado superior e inferior.

## 5. Diseño del puente de hormigón pretensado y volados sucesivos.

### 5.1. Cargas y estados de cargas a utilizarse en el diseño del puente.

Las cargas a utilizarse en el puente están establecidas en el código ecuatoriano de la construcción, como también en el código de la AASHTO con algunas pequeñas diferencias, en este diseño se considerarán las cargas que a continuación se detallan:

**Carga muerta.-** La carga muerta se refiere a toda la carga que es producida por el peso propio de la estructura como tal, en este caso, la carga muerta se refiere a todo el hormigón, asfalto, acero de refuerzo y acero de pretensado que conformarán la estructura del puente. Esta carga se calcula utilizando el tamaño de las secciones, el volumen de cada material y la densidad específica de cada uno de los materiales. Así se calcula el peso de toda la estructura y por ende la carga que la misma estructura produce. Se llama carga muerta ya que es una carga permanente que siempre está presente en la etapa de servicio de una estructura. Para este diseño se considerarán las cargas muertas:

DC: que será la carga muerta producida por la estructura como tal, todo lo que se refiere a la estructura principal del puente ya sea en la superestructura o la infraestructura.

DW: será la carga muerta de los elementos que están presentes siempre pero que no son parte estructural del puente, en este caso el asfalto, veredas y pasamanos del puente.

**Carga viva.-** la carga viva se refiere a toda la carga vehicular o peatonal que circule por el puente, esta carga está definida como una carga distribuida y una carga puntual que simulan la presencia de un embotellamiento sobre el puente y por el cual está circulando un vehículo extremadamente pesado que no es muy común de verlo circular, esto se hace con la intención de simular el peor escenario para el cual el puente debería resistir. La carga viva, además, contempla todo lo que se refiere a maquinaria y personal en la etapa de construcción del puente.

**Carga por viento.-** la carga por viento se considera ya que esta es una fuerza que actúa en sentido transversal al puente y que empuja a la estructura de una forma continua, además, es una fuerza que actúa a 1.8 metros sobre el nivel de la superficie del puente generando un momento adicional. En estructuras muy elevadas o en países propensos a fuertes tormentas, estos vientos podrían regir el diseño a momento flector en sentido transversal. En nuestro país los vientos no son extremadamente fuertes pero es necesario revisar el diseño bajo esta condición. En el Ecuador la velocidad del viento se toma en promedio para diseño como 80 km/h.

**Carga por sismo.-** la carga por sismo es muy importante dentro del diseño y generalmente se la modela como una fuerza estática que afecta a la estructura en la base de la misma ya que es una fuerza que se transmite por el suelo. Esta carga se modela utilizando una fuerza que actúa como un cortante basal de magnitud variable dependiendo de la sismicidad de la zona en donde se vaya a construir la estructura, el tipo de suelo y el tipo de estructura. Esta fuerza generalmente se considera como un porcentaje de la fuerza de gravedad. Puede también modelarse con sistemas computacionales utilizando espectros de diseño basados en datos



estadísticos de sismos en la zona. En el Ecuador no se tienen buenos registros de esto por lo que se modelará el sismo como una fuerza cortante en la base de la estructura.

**Carga por temperatura.-** la carga por temperatura es muy importante en los países donde tienen 4 estaciones ya que la variación de temperatura es muy alta, en nuestro país y en la sierra especialmente esta variación puede ser hasta de 30 grados centígrados que si pueden en algunos casos, significar cargas importantes. Estas son cargas axiales de tensión o compresión.

**Fuerzas de frenado.-** esta carga se considera para evaluar el desplazamiento longitudinal del puente en caso de que un camión pesado frene a raya generando fuerzas longitudinales. Estas fuerzas son modeladas como un porcentaje del camión sobre cada eje y que actúan a una altura de 1.8 metros sobre el nivel de la rasante.

**Cargas de pretensado.-** Cuando los cables se han pasado y se han tesado, estas fuerzas se convierten en un estado de cargas adicional sobre la estructura ya que estas fuerzas axiales generan momentos sobre la estructura y es un estado de carga para el cual el resto de la estructura debe estar diseñada. Los momentos y cargas axiales generados por los cables de pretensado pueden ser muy importantes.

Para este diseño el puente será cargado y analizado para resistir las combinaciones de carga establecidas en la AASHTO y en el código ecuatoriano de construcción, se considerarán las cargas que generen los estados de cargas más críticos incluyendo variación de temperatura, impacto vehicular, viento, encogimiento del hormigón, sismo y carga vehicular para modelar el puente en etapa de servicio; para la etapa de construcción se modelará y analizará el puente

solamente con carga viva de personal y maquinaria de construcción, viento y variación de temperatura.

Cada puente consta de tres carriles de circulación por lo que es necesario utilizar un factor de múltiple presencia, que es un factor recomendado por la AASHTO, así como también por el código ecuatoriano para disminuir la carga total considerando que la probabilidad de que todo el puente se encuentre bajo solicitaciones de carga extremas es muy baja o nula. Este factor para un puente de 3 carriles es de 0.85

Las combinaciones de carga a utilizarse son:

$$1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL + IM)$$

Y

$$1.25DC + \gamma_{EQ}(LL + IM) + 1.50DW + EQ$$

DC = carga muerta generada por el peso propio de la estructura, incluye todos los componentes estructurales.

DW = carga muerta generada por la capa de rodadura, veredas y pasamanos.

LL = carga viva móvil vehicular, incluye tres cargas puntuales del camión escogido, en este caso el HS-MOP de peso igual a 45 toneladas, dos ejes posteriores de 20 toneladas cada uno y un eje delantero de 5 toneladas. Cada eje está separado como mínimo 4.20 metros del otro ya que esto nos da la carga más crítica. El código establece que esa distancia puede incrementarse si es que eso generaría una mayor carga. Incluye una carga distribuida rectangular de 0.95 ton-

m que simula una congestión de vehículos sobre el puente. En el sentido transversal del puente el camión HS MOP tiene como carga crítica dos cargas puntuales de 10 toneladas cada una, separadas 1.8 metros, sin embargo la carga crítica en este sentido es el camión tándem o remolque de dos ejes con peso de 22 toneladas cada eje 11 toneladas cada par de llantas a cada lado de los ejes.

En este caso en la etapa de construcción se considerará una carga viva LL puntual de 100 toneladas a cada extremo del puente que representará al sistema de encofrado deslizante con el cual se podrá hacer el armado y fundido de cada dovela. Este valor además incluye el peso de las herramientas y personas que estarán trabajando en ese lugar.

IM = es la carga por impacto y el código establece que el impacto se considere como el 33% de la carga viva móvil ya que solo esta podría generar un impacto sobre la estructura al momento en el que el vehículo ingrese al puente.

$\gamma EQ$  = es un factor que afecta a las cargas vivas en el momento de un sismo, este factor está entre 0.15 y 0.25 ya que es un valor probabilístico de que el puente se encuentre con ese porcentaje del total de la carga viva durante un evento sísmico. Para este caso se tomará 0.25 por ser mayor.

EQ = es la fuerza sísmica o aceleración del sismo que afectará al puente, hay varias formas de establecerla, pero en este caso por falta de información sobre eventos sísmicos en el país y sabiendo únicamente que el proyecto está ubicado en una zona de nivel de sismicidad 4 (el máximo) se considerará una fuerza sísmica igual al 31% del peso de la estructura como una fuerza de cortante basal que se aplicará en la base de la estructura del puente. Este valor fue calculado y sus cálculos los verán más adelante.

En el presente caso se espera tener los estados críticos de carga al momento de la construcción del puente y no en la etapa de servicio del puente como suele suceder con los puentes de hormigón armado, acero o estructuras mixtas. Al ser así, y al considerar un tiempo de construcción de la superestructura del puente menor a 12 meses, se dejará a un lado la posibilidad de un evento sísmico importante durante esta etapa, por lo que la combinación de carga que regirá el diseño en la etapa de construcción y probablemente el diseño final sea la siguiente:

$$1.25DC + 1.50DW + 1.75LL$$

Siendo LL como ya se dijo antes una carga puntual a cada extremo del puente, cada una de 100 toneladas.

## **5.2 Dimensionamiento y diseño de la sección longitudinal del puente**

Como se pudo ver en el pre-diseño del puente, se sabe que los peraltes óptimos para puentes en volados sucesivos, con una luz máxima de 100 metros están entre 5 y 6.25 metros en la sección sobre los pilares, y entre 2 y 3.33 metros para las secciones sobre los estribos y la sección central. Dentro de las recomendaciones de los puentes en volados sucesivos se ha establecido que las secciones laterales tengan una longitud del 60% de la luz máxima, esto se recomienda para que el peso de las secciones laterales sea mayor y obtener reacciones positivas sobre los estribos, en muchos casos, cuando esta longitud no es no es de alrededor de

0.6L siendo L la luz máxima, es necesario colocar lastre en los extremos del puente o construir un sistema de anclaje para evitar el levantamiento de los extremos del puente.

En este puente se tiene una longitud total que cubrir de 200 metros y a esta longitud se llamara LT. LT tiene que ser igual entonces a 2 lados de 0.6L y un tramo L por lo que se tiene que:

$$LT = (2 * 0.6L) + L$$

$$200 = 1.2L + L$$

$$200 = 2.2L$$

$$L = \frac{200}{2.2}$$

$$L = 90.91$$

$$0.6L = 54.546$$

Este cálculo indica que las secciones laterales deben ser de alrededor de 54.5 metros y la sección central debería ser de 91 metros para lograr la luz total de 200 metros. Para puentes en volados sucesivos, en los últimos años se ha acostumbrado a construir pilares grandes que se unan monolíticamente a la viga cajón. Si se considera a las dovelas “cero” como las dovelas sobre los pilares y se toma un largo de dovela común como son 4 metros y se las dibuja en el perfil del terreno se obtiene:

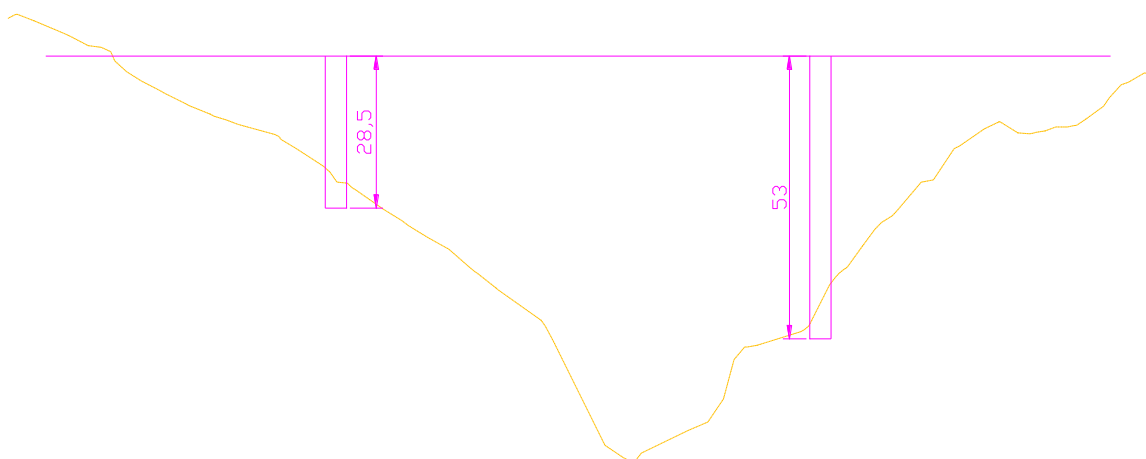


Figura 5.2.1. Perfil del terreno y ubicación posible de los pilares teniendo en los vanos laterales una longitud de  $0,6L$ .

Rápidamente se aprecia que las columnas o pilares tienen una longitud muy grande y estos quedan muy cerca del talud, lo que provocaría problemas de estabilidad para la cimentación si es que esta no se la construye algunos metros más abajo, esto conllevaría a un gran volumen de excavación hasta obtener una superficie suficientemente grande como para abarcar toda la zapata de cimentación que se debe construir sobre los Caissons y sobre las cuales se asientan los pilares. La solución que se propone es correr a los pilares hacia los extremos unos pocos metros hasta lograr una distancia aceptable con el talud, poder tener pilares más cortos y estabilidad en la cimentación. Sin embargo, no se puede dejar de lado lo que muchos autores recomiendan y aconsejan para evitar otro tipo de problemas, y eso es lo que ya se dijo antes, que las secciones exteriores deben ser mayores a la interior. De este análisis y de la consideración de que mientras más simetría haya en una estructura esta será más fácil de construir se puede diseñar la sección longitudinal como sigue:

$$LT = Dc + 2De + 2Dp + NDi$$

LT=longitud total del puente

Dc = Dovela de cierre

De = Dovela exterior

Dp = Dovela sobre pilares

Di = Dovelas interiores en el puente

N = Un numero cualquiera

Como se dijo anteriormente las dovelas son secciones cortas que se construyen en simultaneo una hacia cada lado del pilar y estas pueden ser de longitudes de entre 3 y 6 metros. Dovelas de 3 metros de longitud, son dovelas demasiado cortas que para un puente de esta longitud conlleva a mucho tiempo de construcción por el gran número de dovelas. Dovelas de 6 metros de largo son dovelas muy grandes que requieren un sistema de encofrado muy grande, pesado y por ende costoso, se considerarán basado en el tamaño del puente dovelas de 5 metros de largo. Con esto se tiene que:

$$200 = 5 + (2 * 5) + (2 * 5) + (N * 5)$$

$$N = \frac{200 - (5 + (2 * 5) + (2 * 5))}{5}$$

$$N = 35$$

Si se tienen 35 dovelas interiores y se consideran 4 tramos, dos exteriores y dos interiores se llega fácilmente a la conclusión de que la estructura no tendrá simetría, justamente algo que no se busca, de este análisis se puede observar que una solución para este problema es obtener 36 dovelas interiores para así lograr tener 9 dovelas interiores para cada tramo del puente. Esta dovela extra se puede conseguir fácilmente ya que sabemos que tenemos 5 dovelas extras, a las interiores, que son las dos dovelas sobre los pilares, las dos dovelas exteriores y la dovela de cierre. Si a estas dovelas se las construye de 4 metros se ha logrado obtener los 5 metros que faltaban para la dovela 36.

Definido esto se obtiene que:

$$LT = 4 + (2 * 4) + (2 * 4) + (36 * 5)$$

$$LT = 200$$

Además ya podemos definir la longitud de los tramos exteriores e interiores

$$Le = De + (9Di) + \left(\frac{1}{2}Dp\right)$$

$$Li = \frac{1}{2}Dc + (9Di) + \left(\frac{1}{2}Dp\right)$$

Le = longitud de tramo exterior

Li = longitud de tramo interior

$$Le = 4 + (9 * 5) + \left(\frac{1}{2} * 4\right)$$

$$Le = 51$$



$$Li = \frac{1}{2} * 4 + (9 * 5) + \left(\frac{1}{2} * 4\right)$$

$$Li = 49$$

Esto da como resultado que  $L = 98$  metros y los lados exteriores serán de 51 metros cada uno dando como resultado un valor de:

$$\%L = \frac{51}{98} * 100$$

Los lados exteriores son de 52.04% de la longitud del vano central, como este valor es menor al recomendado se debe revisar que las reacciones sobre los estribos sean positivas y en caso de no serlas, se deberá colocar lastre o un sistema de anclaje para evitar el levantamiento del puente en los extremos.

Definidos estos valores se empezará el diseño de la curva parabólica de segundo grado que ya fue definida anteriormente como la mejor opción para la variación del peralte para este puente.

Los peraltes a utilizarse basados en las recomendaciones hechas por algunos autores como Nigel Hewson en su libro “Prestressed Concrete Bridges: construction and design” y como Walter Podolny Jr. en su libro “Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges” y considerando la longitud final del vano central como:

$$L = 98 \text{ m}$$

Se tiene que:

L/16	L/18(optimo)	L/20	Para sección sobre pilares
6.125	5.44	4.9	
L/30	L/35(optimo)	L/50	Para sección central y exteriores
3.26666667	2.8	1.96	

Tabla 5.2.1 Tabla de valores recomendados para los peraltes de la viga cajón.

Se definen los peraltes definitivos como 5.5 metros para las dovelas sobre los pilares y 2.8 metros para las dovelas exteriores y de cierre. Con estos valores definidos se puede calcular la curva parabólica con la siguiente ecuación:

$$y = ax^2 + bx + c$$

y = ordenada, diferencia de altura entre dos puntos a considerarse (5.5 - 2.8 = 2.7)

Se tienen dos casos principales, uno cuando la variación de altura es máxima y la longitud x es la mitad del vano central, sin considerar la mitad de la dovela de cierre ya que en esta no hay variación de altura, y el otro caso cuando la variación de altura es 0 y la longitud x es la de toda la luz central sin considerar la dovela de cierre. De esto definimos las ecuaciones:

$$2.7 = a * 47^2 + b * 47$$

$$0 = a * 94^2 + b * 94$$

$$2.7 = a * 2209 + b * 47 \text{ (Ec. 1)}$$

$$0 = a * 8836 + b * 94 \text{ (Ec. 2)}$$

$$a = \frac{-94b}{8836}$$

$$2.7 = \frac{-94b}{8836} * 2209 + 47b$$

$$b = 0.114894$$

$$a = \frac{-94 * (0.114894)}{8836}$$

$$a = -0.0012222$$

Con estos valores se ha obtenido la ecuación de la parábola de segundo grado:

$$y = -0.001222x^2 + 0.114894x$$

Con esta ecuación se calcula la variación del peralte a lo largo de una distancia X para los vanos exteriores e interiores del puente.

dovela	X	y	Peralte
1	0	0.00	5.50
	1	0.11	5.39
	2	0.22	5.28
	3	0.33	5.17
	4	0.44	5.06
2	5	0.54	4.96
	6	0.65	4.85
	7	0.74	4.76
	8	0.84	4.66
	9	0.94	4.56
3	10	1.03	4.47
	11	1.12	4.38
	12	1.20	4.30
	13	1.29	4.21
	14	1.37	4.13
4	15	1.45	4.05
	16	1.53	3.97
	17	1.60	3.90
	18	1.67	3.83

	19	1.74	3.76
5	20	1.81	3.69
	21	1.87	3.63
	22	1.94	3.56
	23	2.00	3.50
	24	2.05	3.45
6	25	2.11	3.39
	26	2.16	3.34
	27	2.21	3.29
	28	2.26	3.24
	29	2.30	3.20
7	30	2.35	3.15
	31	2.39	3.11
	32	2.43	3.07
	33	2.46	3.04
	34	2.49	3.01
8	35	2.52	2.98
	36	2.55	2.95
	37	2.58	2.92
	38	2.60	2.90
	39	2.62	2.88
9	40	2.64	2.86
	41	2.66	2.84
	42	2.67	2.83
	43	2.68	2.82
	44	2.69	2.81
10	45	2.70	2.80
	46	2.70	2.80
	47	2.70	2.80
	48	2.70	2.80
11	49	2.70	2.80
	50	2.69	2.81
	51	2.68	2.82
	52	2.67	2.83
	53	2.66	2.84
12	54	2.64	2.86
	55	2.62	2.88
	56	2.60	2.90
	57	2.58	2.92
	58	2.55	2.95
13	59	2.52	2.98

	60	2.49	3.01
	61	2.46	3.04
	62	2.43	3.07
	63	2.39	3.11
14	64	2.35	3.15
	65	2.30	3.20
	66	2.26	3.24
	67	2.21	3.29
	68	2.16	3.34
15	69	2.11	3.39
	70	2.05	3.45
	71	2.00	3.50
	72	1.94	3.56
	73	1.87	3.63
16	74	1.81	3.69
	75	1.74	3.76
	76	1.67	3.83
	77	1.60	3.90
	78	1.53	3.97
17	79	1.45	4.05
	80	1.37	4.13
	81	1.29	4.21
	82	1.20	4.30
	83	1.12	4.38
18	84	1.03	4.47
	85	0.94	4.56
	86	0.84	4.66
	87	0.74	4.76
	88	0.65	4.85
19	89	0.54	4.96
	90	0.44	5.06
	91	0.33	5.17
	92	0.23	5.27
	93	0.11	5.39
	94	0.00	5.50

Tabla 5.2.2. Variación de peralte de acuerdo a la distancia  $x$  de cada mitad de puente.

Este cuadro demuestra cómo va variando el peralte de todo el vano central y toma en consideración que la dovela de cierre no varía su peralte. Para los vanos exteriores solo deben

considerarse las dovelas de la 1 a la 10. Las dovelas sobre los pilares tampoco varían su peralte y estas secciones tendrán como altura los mismos 5.5 metros de las dovelas 1 y 19 tienen en sus inicios.

### 5.3 Diseño de la sección transversal del puente.

Como se ha obtenido ya la variación longitudinal del peralte que se va a utilizar y sabiendo las dimensiones que debe cumplir el puente entonces se puede empezar el diseño de la sección transversal del puente. Para este diseño se utilizará como base las dimensiones estándares recomendadas por la AASHTO para puentes segmentales o de volados sucesivos. Este puente necesita tener un ancho de 13.5 metros que se obtiene de:

Ancho de calzada	11.55
Ancho de vereda exterior	1.2
ancho para barandales (2)	0.125
Ancho de vereda interior	0.5
Ancho Total	13.5

Tabla 5.3.1 datos del ancho de cada uno de los puentes gemelos.

El ancho de la calzada es el mismo que el que se utilizó para el puente que está construido, son tres carriles de 3.85 metros de ancho cada uno. La única diferencia es que para el puente que está siendo diseñado se incrementaron 25 cm al ancho total para de alguna manera obtener unas veredas 12.5 cm más anchas que las que existen en el puente ya construido. Con estos datos se sabe que los puentes gemelos serán cada uno de 13.5 metros de ancho, que es un ancho aceptable para una viga cajón unicelular y que variará su peralte desde los 5.5 metros hasta los 2.8 metros.

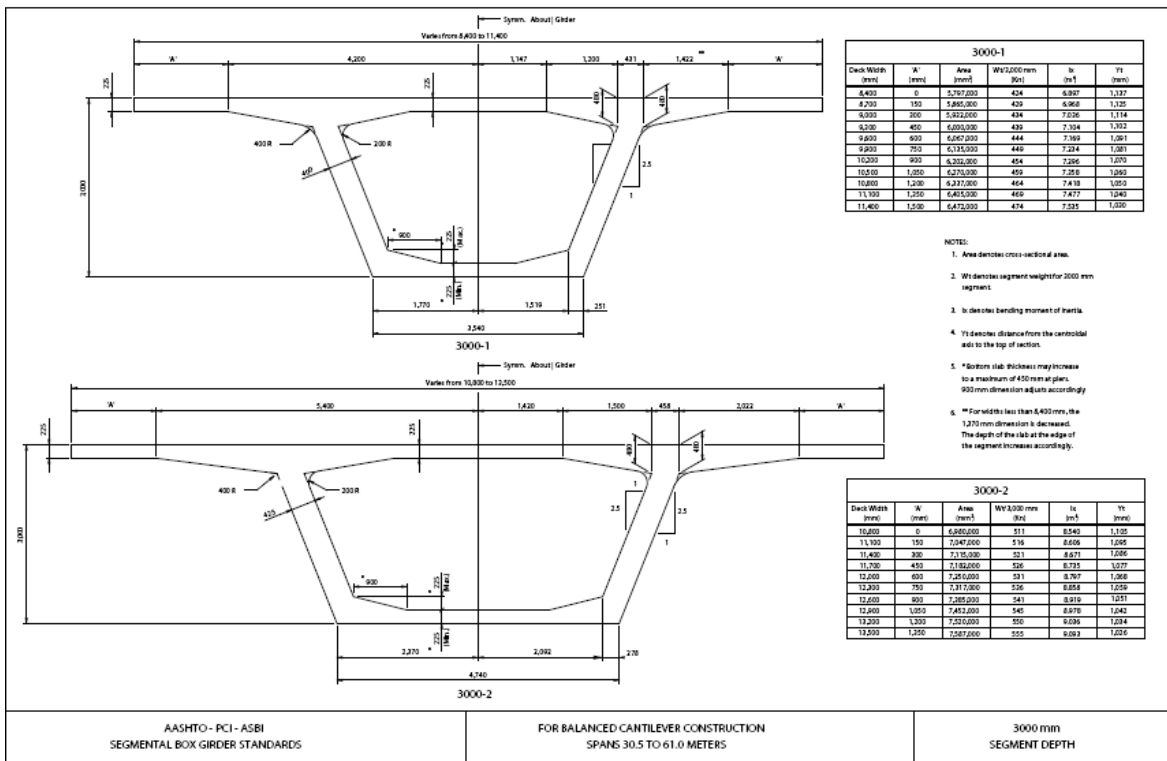


Figura 5.3.1. Sección estándar recomendada por la AASHTO, PCI y ASBI.

De esta recomendación se pueden obtener las dimensiones iniciales para empezar el diseño de las secciones para el puente en cuestión. La viga superior tiene un peralte de 22.5 cm en los lados y en el centro, y sobre las almas este se incrementa hasta 48 cm. La sección recomendada tiene una altura total de 3 metros, el puente actual varía entre 5.5 y 2.8 metros.

Las almas tienen un ancho de 42.5 cm que son suficientes para permitir el paso de ductos de cables de pretensado, en caso de ser necesario, y además son lo suficientemente anchos para permitir el ingreso de vibradores para obtener un hormigón de alta resistencia.

Si se continua con la misma sección incrementándola hasta los 5.5 metros, la viga inferior tendrá una longitud de 3.06 metros y esta longitud es demasiado pequeña para asentarse sobre los pilares. Se considerará una longitud inicial para la viga inferior de 4.90

metros para obtener con esto una pendiente en las almas igual a 5.92 o una relación de 1 metro de ancho por cada 5.4 metros de alto. Con la longitud de la viga inferior definida para las secciones sobre los pilares y considerando el peralte de la viga inferior como 45 cm, que es el recomendado por la AASHTO y el cual irá disminuyendo hasta 22.5 cm en las secciones de peralte de 2.8 metros. El valor de 4.9 metros se consideró revisando las recomendaciones de la ASBI (American Segmental Bridge Institute).

Las secciones de 2.8 metros de alto tendrán una viga inferior de ancho igual a 5.90 metros. Esto quiere decir que las almas siempre mantendrán su misma pendiente, facilitando el sistema de encofrado deslizante. La viga inferior crecerá de 4.90 a 5.90 metros a lo largo de los 45 metros de cada tramo interior y exterior del puente.

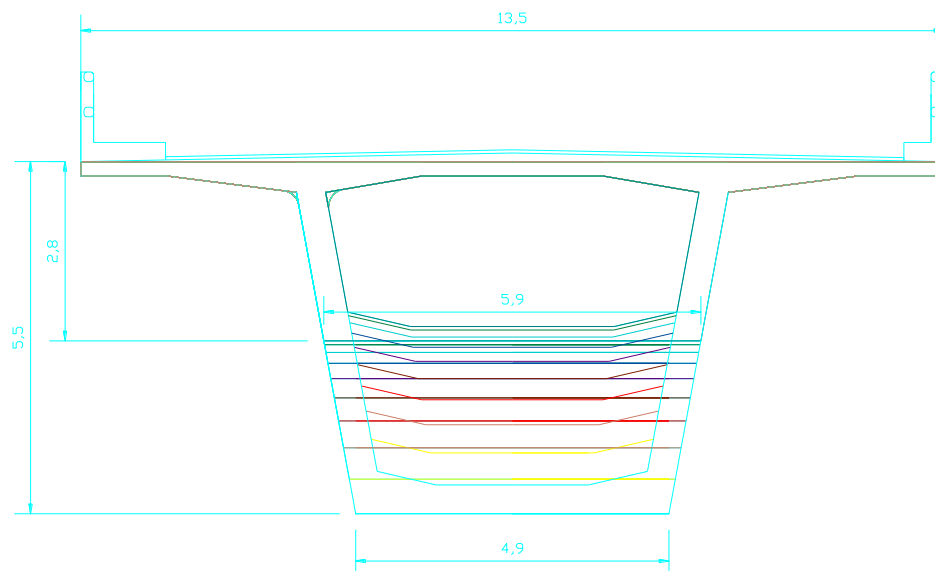


Figura 5.3.2. Sección transversal del puente y su variación de peralte en cada dovela.

Con la sección transversal definida se puede comenzar el análisis estructural de la sección para conocer cuáles serán las sollicitaciones máximas de esfuerzos en la sección bajo



las combinaciones de cargas más críticas. Para este análisis se utilizará el programa SAP 2000 y con él se analizarán las secciones de máximo y mínimo peralte bajo las mismas combinaciones de cargas. Estas cargas serán dos cargas puntuales cada una de 11 toneladas, separadas entre ellas 1.8 metros que simulan el paso del camión tándem o camión remolque y además una carga distribuida de 0.95 ton-m, lo que simula la presencia de vehículos comunes. Además se considerará el peso propio de la estructura, la capa de rodadura, las veredas y los pasamanos. Se analizará la estructura bajo fuerzas de empuje por viento para asegurar la estabilidad rotacional de la misma.

La combinación de carga bajo la que se analizará a cada sección será:

$$1.25DC + 1.50DW + 1.75LL$$

Siendo DC: el peso propio de la estructura como tal; DW: el peso propio de la capa de rodadura, las veredas y los pasamanos; y LL: la carga viva móvil sobre la estructura que estará dividida como ya se dijo antes en dos cargas puntuales de 11 toneladas que se moverán a lo largo de los 13.5 metros para hallar su punto crítico y una carga distribuida de 0.95 ton-m. aplicada sobre todos los 13.5 metros.

Realizado el análisis se procede a exportar la tabla del programa SAP 2000 a Excel para poder visualizar mejor los resultados de esfuerzos de momentos y cortantes en cada una de las secciones de la viga cajón. El programa SAP 2000 para la sección con peralte de 5.5 metros ha llamado “objeto 3” a la viga superior, “objeto 4” al alma izquierda, “objeto 5” a la viga inferior y “objeto 6” al alma derecha. Con Excel se puede filtrar la información para obtener los momentos críticos en cada sección y con estos valores poder pasar a diseñar las

diferentes secciones que conformarán toda la viga cajón. Este diseño se hará en hormigón armado y se espera que no sea necesario utilizar cables de pretensado transversal.

Las tablas completas se presentan en el Apéndice A con su respectiva descripción y estado de cargas. Aquí se muestra a continuación un resumen de los momentos y cortantes máximos obtenidos en función de la altura de la sección, ya que la viga superior es acartelada y tiene un espesor que varía entre 48 cm hasta los 22.5 cm. El cuadro se ha realizado utilizando los valores máximos para las secciones de peralte máximo y mínimo. Luego haciendo una interpolación lineal para todos los puntos interiores se obtienen los valores de los momentos y cortantes máximos en cada parte de la sección. La tabla que se presenta a continuación tiene distancias  $x$  que van de 0 a 2.022 que es la distancia en la que varía el espesor para las secciones exteriores de la viga cajón, pero se han colocado los valores de momentos y cortantes máximos para la sección central de la viga que de todas las secciones de peralte igual a 22.5 cm es en donde se tienen los mayores esfuerzos.

dist $x$ (m)	peralte (m)	M requerido (T-m)	V requerido (T)
0	0.48	108	53.9
0.1	0.47	103.75	52.32
0.2	0.45	99.49	50.74
0.3	0.44	95.24	49.17
0.4	0.43	90.99	47.59
0.5	0.42	86.73	46.01
0.6	0.4	82.48	44.43
0.7	0.39	78.23	42.86
0.8	0.38	73.97	41.28
0.9	0.37	69.72	39.7
1	0.35	65.47	38.12
1.1	0.34	61.21	36.55
1.2	0.33	56.96	34.97
1.3	0.32	52.71	33.39
1.4	0.3	48.45	31.81

1.5	0.29	44.2	30.24
1.6	0.28	39.95	28.66
1.7	0.27	35.7	27.08
1.8	0.25	31.44	25.5
1.9	0.24	27.19	23.92
2	0.23	22.94	22.35
2.022	0.225	22	22

Tabla 5.3.2 Valores de momento y cortante máximos en la viga acartelada.

Con estos valores y definiendo las características del hormigón y del acero de refuerzo, se puede realizar el diseño en hormigón armado y ver si se pueden cumplir estas solicitaciones sin tener que recurrir a cables de pretensado transversal. A continuación se presentan las tablas de cálculos y los datos de los materiales a utilizarse en el puente.

F'c	4200	ton/m <sup>2</sup>	phi varilla	3.2	Cm
fy	42000	ton/m <sup>2</sup>	área	8.0424772	cm <sup>2</sup>
b	1	m	# varilla	10	
As	80.42	cm <sup>2</sup>	phi estribo	1.2	Cm
As metros	0.008042	m <sup>2</sup>	rec x	6	Cm
Av (estribos)	2.26194671	cm <sup>2</sup>	rec y	5	Cm
Av (estribos)	0.00022619	m <sup>2</sup>	espaciamiento	6	Cm

Tabla 5.3.3 Resumen de datos para el diseño de la sección transversal del puente.

Dist x	peralte	d	beta	a	Mn	Mu	M requerido	
0	0.48	0.43	0.75	0.11	126.66	113.99	108	satisface
0.1	0.47	0.42	0.75	0.11	123.28	110.95	103.75	satisface
0.2	0.45	0.4	0.75	0.11	116.53	104.88	99.49	satisface
0.3	0.44	0.39	0.75	0.11	113.15	101.84	95.24	satisface
0.4	0.43	0.38	0.75	0.11	109.77	98.79	90.99	satisface
0.5	0.42	0.37	0.75	0.11	106.4	95.76	86.73	satisface
0.6	0.4	0.35	0.75	0.11	99.64	89.68	82.48	satisface
0.7	0.39	0.34	0.75	0.11	96.26	86.63	78.23	satisface
0.8	0.38	0.33	0.75	0.11	92.89	83.6	73.97	satisface
0.9	0.37	0.32	0.75	0.11	89.51	80.56	69.72	satisface
1	0.35	0.3	0.75	0.11	82.75	74.48	65.47	satisface
1.1	0.34	0.29	0.75	0.11	79.37	71.43	61.21	satisface
1.2	0.33	0.28	0.75	0.11	76	68.4	56.96	satisface
1.3	0.32	0.27	0.75	0.11	72.62	65.36	52.71	satisface
1.4	0.3	0.25	0.75	0.11	65.86	59.27	48.45	satisface
1.5	0.29	0.24	0.75	0.11	62.49	56.24	44.2	satisface
1.6	0.28	0.23	0.75	0.11	59.11	53.2	39.95	satisface
1.7	0.27	0.22	0.75	0.11	55.73	50.16	35.7	satisface
1.8	0.25	0.2	0.75	0.11	48.98	44.08	31.44	satisface
1.9	0.24	0.19	0.75	0.11	45.6	41.04	27.19	satisface
2	0.23	0.18	0.75	0.11	42.22	38	22.94	satisface
2.022	0.225	0.175	0.75	0.11	40.53	36.48	22	satisface

Tabla 5.3.4 Resultados calculados de la resistencia a momento flector de la sección transversal del puente.

De la tabla anterior se comprueba que los valores establecidos en la tabla 5.3.3 de los tamaños de las varillas, del número de varillas y de la resistencia del hormigón son suficientes para satisfacer los momentos máximos en la viga superior de la sección transversal.

dist x (m)	peralte (m)	Vc	Vs	Vn	V requerido	s(m)	Vu	
0	0.48	15.68	44.16	59.84	53.86	0.11	55.49	satisface
0.1	0.47	15.33	42.76	58.09	52.28	0.11	54.24	satisface
0.2	0.45	14.61	41.73	56.34	50.71	0.11	51.71	satisface
0.3	0.44	14.26	40.33	54.59	49.13	0.11	50.45	satisface

0.4	0.43	13.9	38.94	52.84	47.56	0.11	49.19	satisface
0.5	0.42	13.54	37.55	51.09	45.98	0.11	47.92	satisface
0.6	0.4	12.83	36.51	49.34	44.41	0.11	45.4	satisface
0.7	0.39	12.48	35.11	47.59	42.83	0.11	44.15	satisface
0.8	0.38	12.12	33.71	45.83	41.25	0.1	44.42	satisface
0.9	0.37	11.76	32.33	44.09	39.68	0.1	43.11	satisface
1	0.35	11.05	31.28	42.33	38.1	0.1	40.5	satisface
1.1	0.34	10.69	29.9	40.59	36.53	0.1	39.19	satisface
1.2	0.33	10.34	28.49	38.83	34.95	0.1	37.89	satisface
1.3	0.32	9.98	27.11	37.09	33.38	0.1	36.58	satisface
1.4	0.3	9.27	26.06	35.33	31.8	0.1	33.97	satisface
1.5	0.29	8.91	24.67	33.58	30.22	0.1	32.66	satisface
1.6	0.28	8.55	23.28	31.83	28.65	0.1	31.35	satisface
1.7	0.27	8.2	21.88	30.08	27.07	0.1	30.05	satisface
1.8	0.25	7.49	20.84	28.33	25.5	0.1	27.44	satisface
1.9	0.24	7.13	19.45	26.58	23.92	0.1	26.13	satisface
2	0.23	6.77	18.06	24.83	22.35	0.1	24.82	satisface
2.022	0.225	6.59	17.85	24.44	22	0.1	24.17	satisface

Tabla 5.3.5 Resultados calculados de la resistencia a cortante de la sección transversal del puente.

Con esto se ha comprobado que los momentos y cortantes se satisfacen sin la necesidad de requerir cables de acero para pretensado transversal y que el diseño en hormigón armado es más que suficiente para cumplir las solicitaciones máximas de carga. La viga superior será construida en hormigón de 420 kg/cm<sup>2</sup> con 10 varillas de 32 mm cada 6 cm en donde se dan los mayores momentos positivos y negativos. En el resto de la viga superior se utilizarán 9 varillas de 12 mm cada 9.35 cm. Esto se utilizará para cada metro de los 5 o 4 metros de cada dovela. Es decir se usarán 50 varillas de 32mm y 45 varillas de 12mm para cada dovela. Los traslapes serán de 1.3 metros que es ligeramente superior a 40 diámetros de la varilla de 32 mm. La viga superior tendrá estribos para controlar los esfuerzos por cortante y se harán cada 10 cm en donde el peralte de la viga sea inferior a 40 cm. y cada 11 cm en donde el peralte de la viga sea de 40 cm o más. Se colocarán estribos normales amarrándolos alrededor de las

varillas superiores e inferiores en tramos de longitud de 1 metro ya que la sección se ha calculado como de 1 metro de ancho y considerando dos cruces por metro. La separación de 11 cm entre estribos es más que suficiente para que puedan colocarse los ductos de pretensado.

A continuación se presenta un gráfico en donde se muestran los resultados de momentos y cortantes máximos para la combinación de carga más crítica de la sección transversal.

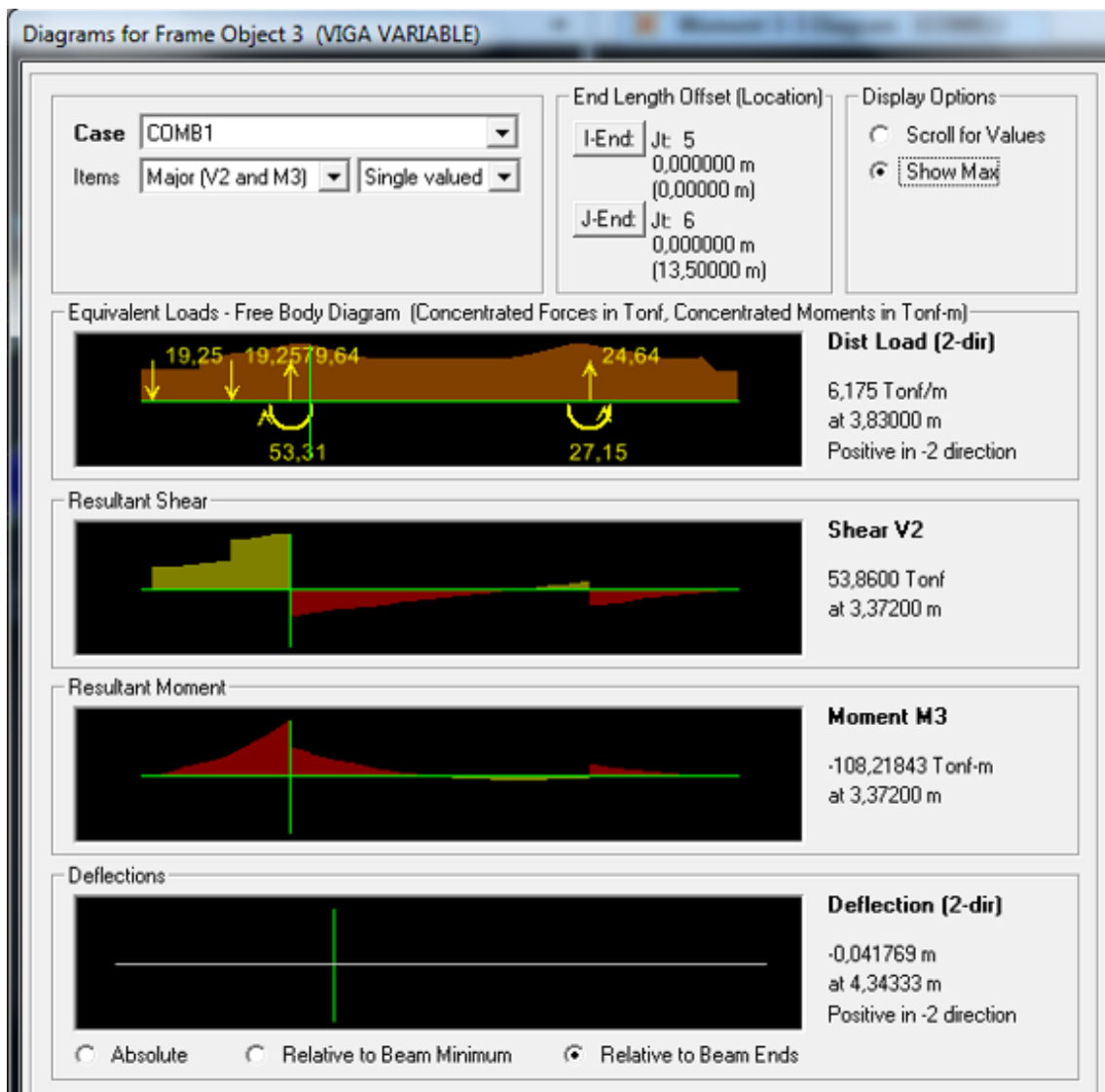


Figura 5.3.3. Resultados del programa SAP 2000 de la sección transversal del puente en diseño, bajo la combinación de carga más crítica. Viga superior

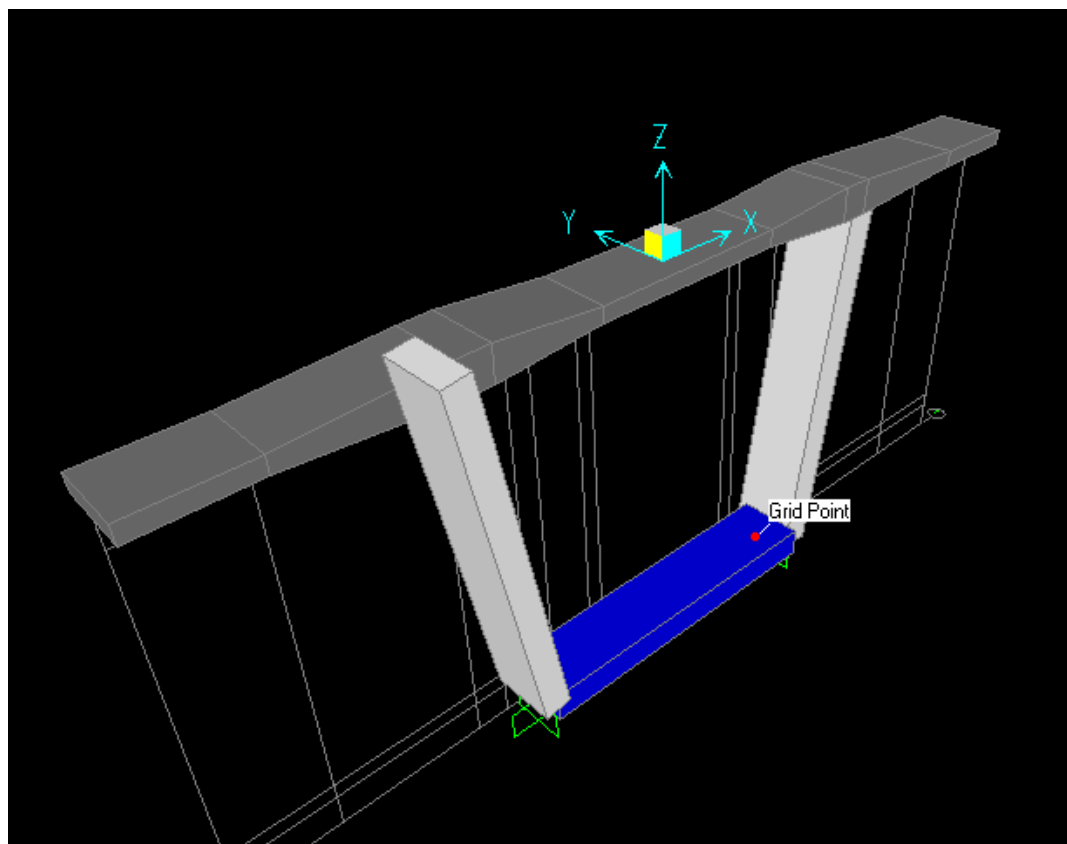


Figura 5.3.4. Gráfico de la sección del puente a la cual se le analizó, calculó y diseñó para 1 metro de ancho.

Terminado el diseño de la viga superior se empieza con el diseño de las partes faltantes de la viga cajón, estas partes son: la viga inferior y las dos almas diagonales. Del mismo programa SAP 2000 se obtienen los momentos y cortantes máximos para estas secciones y con estos datos se realiza el diseño de la misma manera que se hizo para la viga superior.

### Almas Diagonales

Los Valores de momento y cortante máximo para las almas diagonales son: 43.5 ton-m y 14.5 ton respectivamente. Para estos valores el diseño dice que se deben utilizar 9 varillas de 22 mm cada 8.225cm por cada metro de dovela, es decir 45 varillas por dovela. Estas varillas



se pondrán a todo lo largo de las almas y en los dos extremos ya que en estas secciones los momentos cambian de signo dependiendo de donde se encuentre focalizada la mayor carga. En esta sección los cortantes que se tienen son muy pequeños y la cantidad de hormigón es casi suficiente para resistirlo, por este motivo se colocarán los estribos mínimos recomendados según el código ecuatoriano, y esto da estribos de 12 mm cada 24 cm. De igual forma que para la viga superior, los estribos se amarrarán para cada metro de dovela. Los traslapes serán de mínimo 80 cm y se hará un amarrado común de 2 cruces por metro.

En esta sección tenemos un esfuerzo axial máximo de 52 toneladas para las cuales si se considera una columna de 1 metro por 42.5 cm que es el tamaño de la sección y el hormigón 420 kg/cm<sup>2</sup> tenemos que  $P_u = 0.70 * (0.85 * A_c * f'_c)$  sin contar el refuerzo que se está utilizando. Esto da un resultado de  $P_u = 1062$  toneladas, mucho mayor a las 52 toneladas que se requieren, por lo tanto las secciones diagonales están diseñadas para resistir todas las solitudes bajo cualquier combinación de carga.

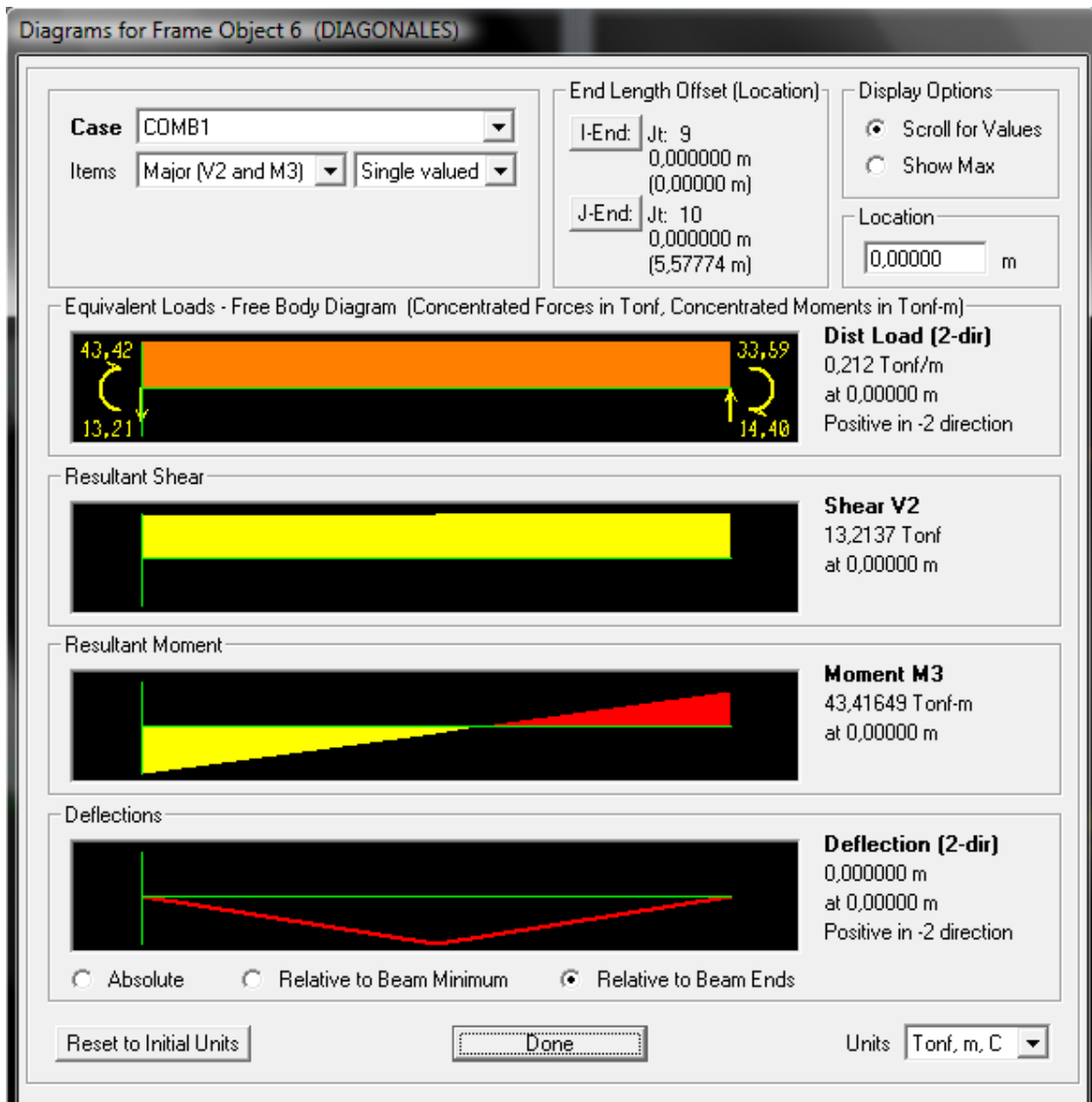


Figura 5.3.5 Resultados del programa SAP 2000 de la sección transversal del puente en diseño, bajo la combinación de carga más crítica. Alma diagonal derecha.

## Viga Inferior

La viga inferior después de realizado el análisis estructural ha demostrado que tendrá esfuerzos relativamente bajos, la sección varía entre 22.5 y 45 cm entre las dovelas “cero” y las dovelas “nueve”.

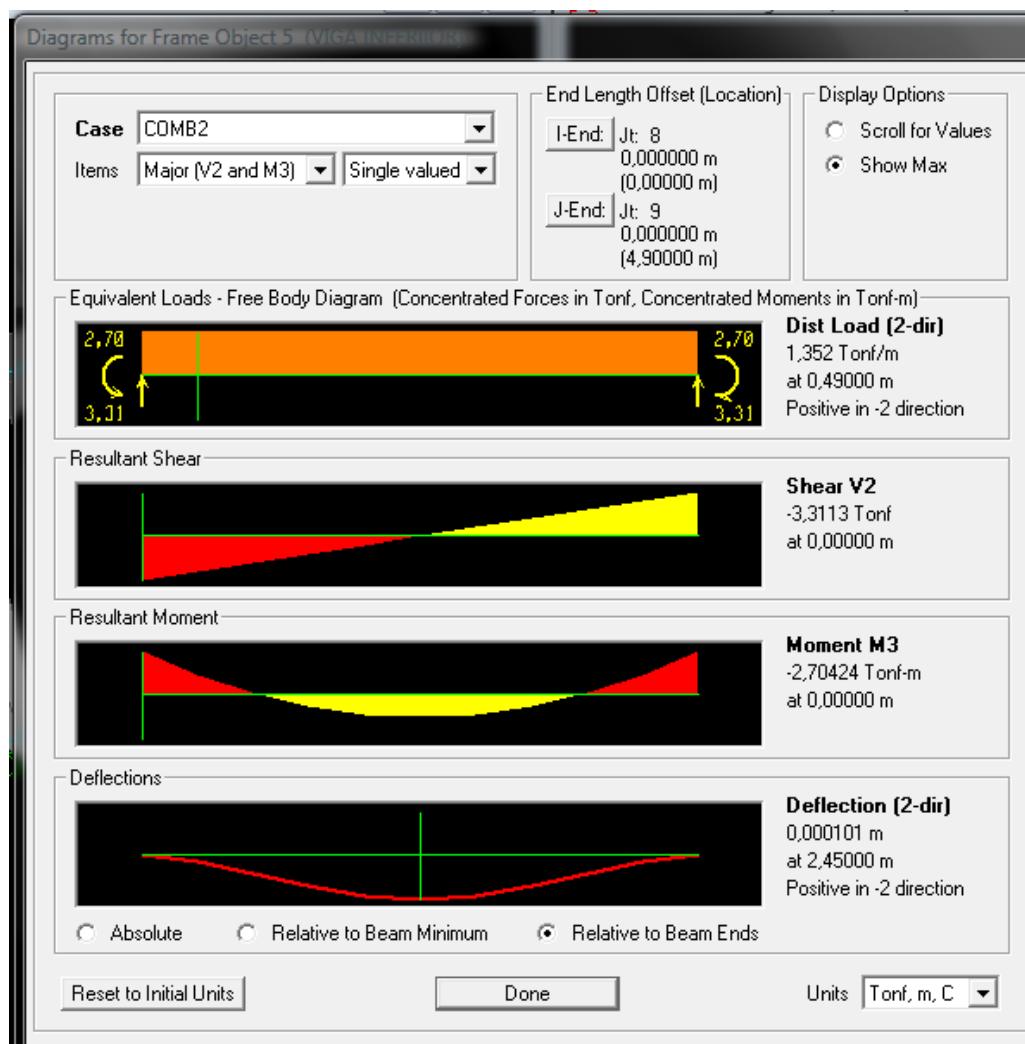


Figura 5.3.6. Resultados del programa SAP 2000 de la sección transversal del puente en diseño, bajo la combinación de carga más crítica. Viga Inferior.

Para la viga inferior los esfuerzos máximos son: 2.70 ton-m de momento flector y 3.3 ton de esfuerzo cortante. Para soportar el momento el refuerzo mínimo es más que suficiente por lo que se utilizarán 6 varillas de 12 mm cada 15.7 cm por cada metro de dovela colocadas en la parte inferior y en la parte superior se colocará el refuerzo mínimo para controlar retracciones por temperatura y este refuerzo es equivalente a 3 varillas de 12 mm cada 41 cm por metro de dovela. El cortante en esta sección es absorbido por el hormigón, pero se colocará el refuerzo de cortante mínimo ya que cuando el puente esté construido y los cables tensados, la estructura sufrirá esfuerzos en la dirección longitudinal del puente, o sea, en un sentido en donde no se la está analizando en este momento. Se colocarán estribos de refuerzo con varillas de 12 mm. amarrados por cada metro de dovela y estarán separados 24 cm.

El diseño de la sección transversal está casi totalmente concluido ya que la única parte que falta es hacer el diseño de cables de pretensado e incluir los ductos de los cables de pretensado en el diseño de las secciones transversales. A continuación se presenta un gráfico del armado de hierros de las secciones de 2.8 y de 5.5 metros. Los planos con todos los detalles se pueden encontrar en los anexos del apéndice A.

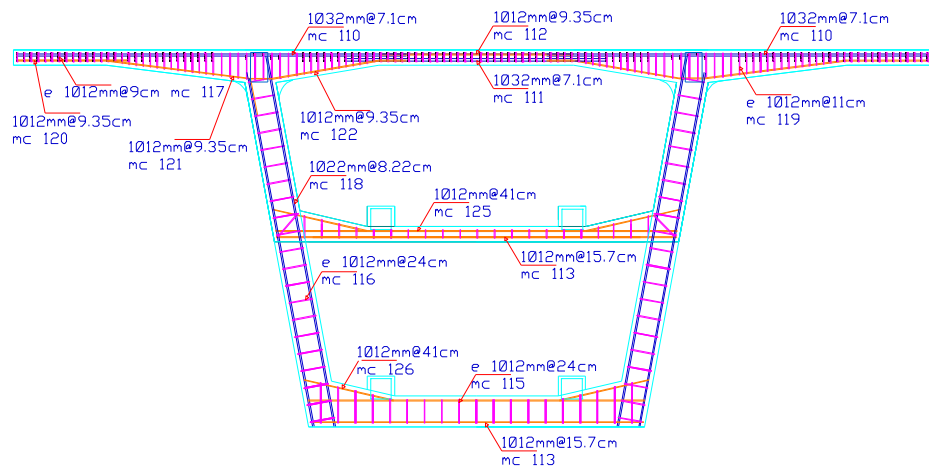


Figura 5.3.7. Diseño de hormigón armado de las secciones transversales de 2.8 y 5.5 metros de peralte.

El hormigón a utilizar será de un  $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$ , se utilizarán varillas de diámetros igual a: 32, 22 y 12 mm, los traslapes deberán ser mayores a 60, 80 y 130 centímetros dependiendo de las varillas que se estén considerando. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . El diseño se ha realizado bajo el método de resistencia última utilizando factores phi de: 0.90 para momento flector, 0.90 para cortante y 0.70 para carga axial.

Los detalles de los cálculos y las hojas de cálculos se encuentran en los anexos del Apéndice A.

## 5.4 Diseño de los pilares del puente.

Después de finalizado el diseño de la sección longitudinal, determinadas las distancias a las que se construirán las pilas y finalizado el diseño de la sección transversal es posible determinar las cargas finales bajo las cuales estarán actuando las columnas o pilares del puente. Para este puente se considerará una estructura hueca para conformar los pilares ya que debido al tamaño de la superestructura los pilares se verán sometidos a grandes esfuerzos y la mejor forma de soportar esos esfuerzos es teniendo una estructura con una gran inercia y relativamente “poco” peso.

Con el programa SAP 2000 después de haber establecido la sección longitudinal y transversal es factible realizar el análisis de la estructura con las características ya definidas para así poder determinar los esfuerzos a las que se verán sometidas las columnas o pilares del puente. Utilizando el perfil del terreno donde se construirían los puentes gemelos se determinaron las alturas de los pilares y posteriormente se realizó en análisis de la estructura con ayuda del software SAP 2000.

Al puente se le evaluó considerando dos etapas: la etapa constructiva y la etapa en servicio. A continuación se presentan las dos instancias en las cuales fue analizado el puente

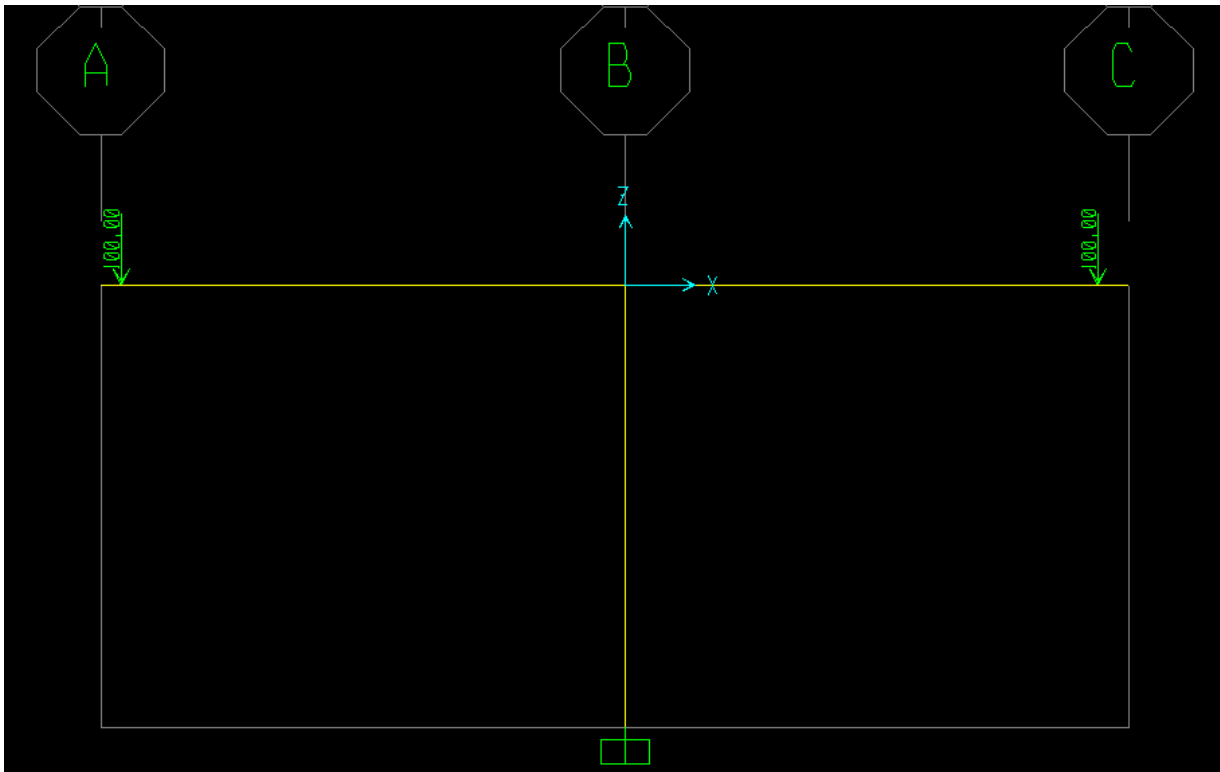


Figura 5.4.1. Puente en etapa constructiva crítica.

En esta etapa de construcción el puente va creciendo simétricamente hacia los dos lados mientras se construyen cada par de dovelas, el puente se encuentra sometido a dos tipos de carga. La una es el peso propio de la estructura que mientras más dovelas tiene mucha más carga debe resistir el pilar, la otra carga es la carga viva que en esta etapa, como ya se dijo anteriormente, es el peso del sistema de encofrado móvil, el personal de construcción, los materiales y herramientas que se utilizan durante el armado, fundido y pretensado de cada dovela. Esa carga viva está representada como 100 toneladas en la mitad de las últimas dovelas antes de llegar al estribo y a la dovela de cierre. Como se demostrará posteriormente, este estado de carga rige todo el diseño con excepción del diseño a momento flector y cortante

de los pilares en dirección transversal y longitudinal del puente. El diseño de esto lo rige la etapa de servicio bajo un evento extremo de sismo.

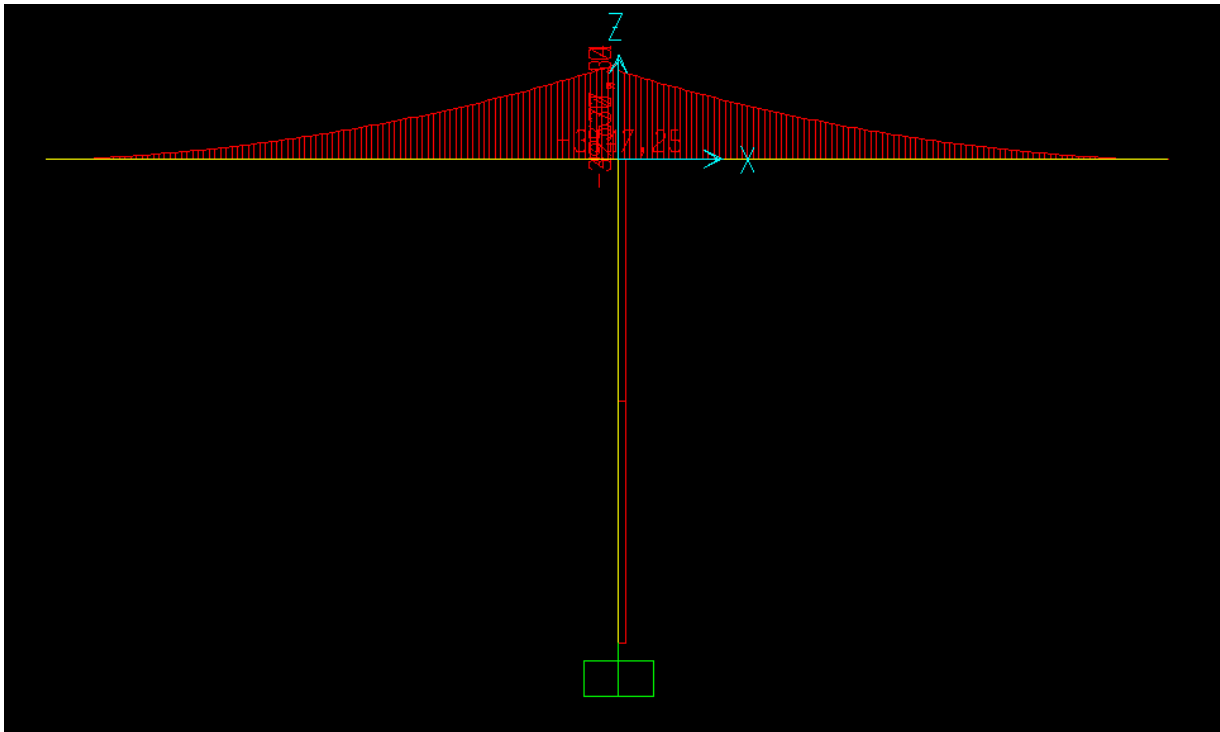


Figura 5.4.2 Diagrama de momentos de la estructura en la etapa crítica de construcción. Momento máx en la viga: 42677ton-m. Momento máximo en la pila: 3147ton-m.

En esta etapa la estructura es una estructura isostática que se equilibra por la simetría hacia los lados de la sección de la superestructura. Es en esta etapa que las columnas o pilares deben resistir más fuerza axial, más cortante y más momento que en cualquier otra etapa si es que no se consideraría la probabilidad de un sismo durante la vida de servicio. En la etapa constructiva no se considera la posibilidad de la presencia de un sismo ya que el tiempo de construcción se estima bajo los 12 meses. Bajo este estado de cargas se obtienen los esfuerzos axiales y momentos en los pilares que se pueden ver en el apéndice B.



El resumen de resultados es el siguiente: Momento máximo = 3147 ton-m y la carga axial máxima, considerando un pilar de sección hueca con dimensiones iguales a las dimensiones exteriores de las dovelas “cero”, esto quiere decir 4 metros por 4.90 metros, y un espesor de 40 cm a las paredes del pilar, es 3974 toneladas. Evaluando el segundo estado de cargas, es decir, cuando ya esté el puente en servicio el análisis se realizó de la siguiente forma: se estableció la variación de la sección transversal exactamente como se definió en los capítulos anteriores, se establecieron las combinaciones de carga que se explicaron en la sección 5.1 para el puente en servicio. Se calcularon las cantidades de asfalto para la capa de rodadura, y de hormigón para veredas y pasamanos. Se utilizó la carga viva distribuida y el tren de cargas del camión HS MOP en 17 posiciones diferentes y se obtuvo la carga crítica cuando el camión se encuentra en la posición indicada en el siguiente gráfico.

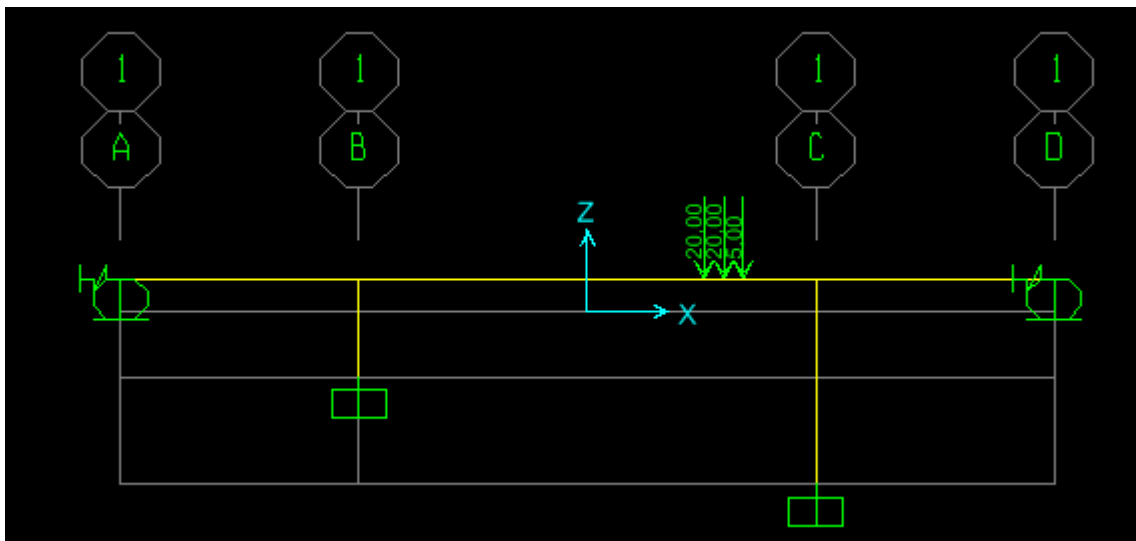


Figura 5.4.3. Estado de cargas crítico para el puente en servicio.

Bajo este estado de carga, la carga axial es menor que para el puente en etapa constructiva aunque no mucho menor, la carga axial es de: 3946 toneladas y el momento si es

mayor en esta etapa y el máximo momento es de 9373 ton-m cuando no se considera un evento extremo de sismo.

Es importante tomar en cuenta que estos valores van a cambiar cuando a la estructura se la evalúe bajo el mismo estado de cargas pero considerando las fuerzas de pretensado, ya que estos generan un estado de cargas adicional a la estructura. Con lo definido hasta ahora se puede tener una idea aproximada de si la columna pre-establecida soportará estas solicitaciones y unas mayores. El programa SAP 2000 con su aplicación “section designer” provee de un diagrama de interacción de momentos y cargas axiales de una sección que el diseñador especifique. Para este puente la sección será:

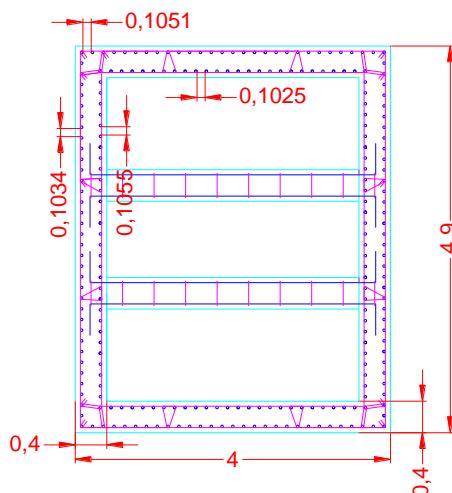


Figura 5.4.4. Sección del pilar del puente.

La sección de los pilares del puente tendrá arriostramientos en la dirección longitudinal del puente. Para la columna más larga se colocarán dos vigas de arriostramiento en el primer y segundo tercio de su longitud. La columna corta solo tendrá arriostramiento en la mitad de su

longitud. Estas vigas de arriostramiento serán de 40 cm de base y 40 cm de peralte. En la dirección transversal del puente los pilares tienen una gran inercia, sin embargo, en la presencia de un sismo proveniente en ese sentido, los momentos que se tienen son de gran magnitud y por esta razón se ha previsto que los pilares de los puentes gemelos funcionen como un pórtico para que así la estructura gane rigidez y estos momentos no generen problemas en la misma. Los pilares estarán construidos sobre zapatas de cimentación monolíticamente, y para que los esfuerzos se distribuyan de buena forma, en el inicio y fin de cada columna hueca se construirán diafragmas. Estos diafragmas servirán para que los esfuerzos transmitidos de la viga cajón se distribuyan uniformemente a todas las paredes de los pilares y para que la superficie que transmita los esfuerzos a la zapata sea mayor y no produzca fallas por punzonamiento.

Las columnas tendrán 21 y 44 metros. Las pilas que se encuentran en la margen izquierda de la quebrada son de mucho menor longitud que las que se encontrarán en la margen derecha. Los pilares fueron analizados utilizando el programa SAP2000 para simular el cortante basal producido por un sismo. Este programa utiliza un coeficiente de cortante basal que es establecido por el usuario dependiendo de la zona sísmica, del tipo de suelo y de la importancia de la estructura. Este puente se encuentra en una zona sísmica tipo 4 en donde la aceleración del espectro es de alrededor de 0.4g, el tipo de suelo como se explicó anteriormente es de clase 2 dando un valor  $S=1.2$ . El período de vibración de la estructura se calcula como

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK}}$$

El peso de la estructura  $W$  se calcula multiplicando el área de la sección típica de la superestructura por el peso específico del hormigón y se le suma el peso de la mitad de la columna ya que se considera que la mitad de la columna no estará afectando en el caso de un sismo. La constante de rigidez  $K$  de la estructura se ha obtenido siguiendo los pasos de un ejemplo del manual de diseño del PCI y se detalla a continuación:

Datos para los cálculos		
lcs	27.1	m4
lcc	20.84	m4
Longitud de vano	100	m
f'c Columna	210	kg/cm2
f'c Viga cajon	420	kg/cm2
Área columna	6.48	m2
Altura Columna	44	m
Dist Centr-fibra inf	2.63	m
Peso especif horm	2.4	ton/m3

lcs	3140.46684	ft4
lcc	2415.03059	ft4
longitud de vano	328.1	ft
f'c Columna	2980.635	psi
f'c Viga cajon	5961.27	psi
Área columna	69.76	ft2
Altura Columna	144.364	ft
Dist Centr-fibra inf	8.62903	ft
Peso especif horm	149.49096	pcf

Tabla 5.4.1. Datos iniciales para el cálculo del coeficiente sísmico en unidades métricas y americanas.

$I_{cs}$ : Inercia de la viga cajón.

$I_{cc}$ : Inercia de la Columna.

$Y_b$ : Distancia desde el centroide hasta la fibra inferior de la viga.

$h_c$ : altura de la columna.

$E_{cs}$ : módulo de elasticidad de la viga cajón

$E_{cc}$ : modulo de elasticidad de la columna

$F'_c$ : Resistencia a la compresión del hormigón.

$q$ : Carga distribuida uniforme unitaria de 1 kpd-ft.

$\Delta_1$ : Desplazamiento lateral generado por una carga unitaria distribuida  $q$ .

$\Delta_2$ : Desplazamiento lateral generados por la fuerza de la columna  $R_{col}$ .

$R_{col}$ : fuerza de la columna.

$L$ : longitud de un vano.

$K_c$ : rigidez de la columna.

$K$ : rigidez de la estructura.

$m$ : masa total de la estructura.

$T$ : periodo de vibración de la estructura

$g$ : aceleración de la gravedad.

$w$ : peso total de la estructura

Con estos datos se empiezan los cálculos.

$$E_c = 57000\sqrt{f'_c} \text{ psi}$$

$$E_{cs} = 57\sqrt{5961.3}(144) \text{ ksf} \quad E_{cs} = 633,735 \text{ ksf}$$

$$E_{cc} = 57\sqrt{2980.6}(144) \text{ ksf} \quad E_{cc} = 488,115 \text{ ksf}$$

$$\Delta_1 = \frac{5q(2l)^4}{384E_{cs} * I_s} \quad (ec. 1)$$

$$\Delta_2 = \frac{Rcol(2l)^3}{48Ecs * Is} \quad (ec. 2)$$

$$\Delta = \Delta_1 - \Delta_2 \quad (ec. 3)$$

$$Rcol = Kc\Delta = \frac{3Ecclc}{hc^3}\Delta \quad (ec. 4)$$

Se sustituye ecuaciones 1 y 2 en 3.

$$\Delta = \frac{5q16L^4}{384Ecs * Is} - \frac{Rcol8L^3}{48Ecs * Is} \quad (ec. 5)$$

Ahora se sustituye la ecuación 4 en la ecuación 5.

$$\Delta = \frac{5q16L^4}{384Ecs * Is} - \frac{(3Ecclc)8L^3}{(hc^3)48Ecs * Is}\Delta \quad (ec. 5)$$

$$\Delta = \frac{5(1)16(328.1)^4}{384(1.9902 \times 10^9)} - \frac{(24) * (1.0822 \times 10^9)(328.1)^3}{48(1.9902 \times 10^9)}\Delta$$

$$\Delta = 1.21307 - 2.6817\Delta$$

$$2.6817\Delta + \Delta = 1.21307$$

$$3.6817\Delta = 1.21307$$

$$\Delta = \frac{1.21307}{3.6817} = 0.3294$$

$$k = \frac{(1) * (2) * (328)}{0.3294} = 1991.5 \text{ kips}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{w}{gk}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{11206.8}{32.2 * 1991.5}} = 2.62665$$

El coeficiente sísmico de respuesta se encuentra como:

$$C_s = \frac{1.2AS}{T^{2/3}}$$

$$C_s = \frac{1.2 * 0.4 * 1.2}{2.627^{2/3}}$$

$$C_s = 0.3085$$

A: factor de sismicidad en este caso es 0.4 por estar en una zona sísmica 4.

S: factor de depende del tipo de suelo, en este caso el suelo es de clase 2, por lo tanto el factor es 1.2.

Este valor de  $C_s$  es considerado como el coeficiente de cortante basal en el programa SAP 2000 y es con este valor con el que se analiza la estructura bajo una carga de sismo. Este valor, el programa, lo multiplica por el peso de la estructura y lo convierte en una fuerza de cortante aplicado en la base de la estructura. La estructura analizada presentó los siguientes valores máximos:

Tabla de resultados de esfuerzos máximos					
			sentido x	sentido y	Unidades
Etapa de uso	Columna izquierda h=21 m	Cortante máx.	-1021	865.5	ton
		Momento máx.	15565.1	-18131.4	ton-m
		Axial máx.	-3344	-3344	ton
	Columna derecha h=44m	Cortante máx.	359.6	190	ton
		Momento máx.	-8463.1	8357.3	ton-m
		Axial máx.	-3795	-3795	ton
Etapa de construcción	Columna izquierda h=21 m	Cortante máx.	0	265	ton
		Momento máx.	-3147.25	-5392.8	ton-m
		Axial máx.	-3527.4	-3527.4	ton
	Columna derecha h=44m	Cortante máx.	0	292.8	ton
		Momento máx.	-3147.25	12108.8	ton-m
		Axial máx.	-3974.5	-3974.5	ton

Figura 5.4.5 valores máximos de momento y cortante en dirección transversal y longitudinal del puente.

Con estos datos se puede ver que es necesario que el puente tenga una gran rigidez en sentido Y o en la dirección transversal del puente, es por esta razón que se ha decidido utilizar vigas de arriostamiento entre los pilares de los dos puentes gemelos. Estas vigas tendrán una longitud de 10.6 metros y se construirán en la mitad de las columnas. Con estos datos obtenidos se puede determinar que los momentos flectores en la base de la columna son altos en ambos sentidos pero la columna está en capacidad de resistirlos sin necesidad de una sección mayor, sin embargo, vigas de arriostamiento y diafragmas se utilizarán para asegurar la resistencia de la columna en la base y en el tope y para asegurar una buena transferencia de cargas desde la viga cajón hacia la columna y posteriormente hacia la cimentación y el suelo.



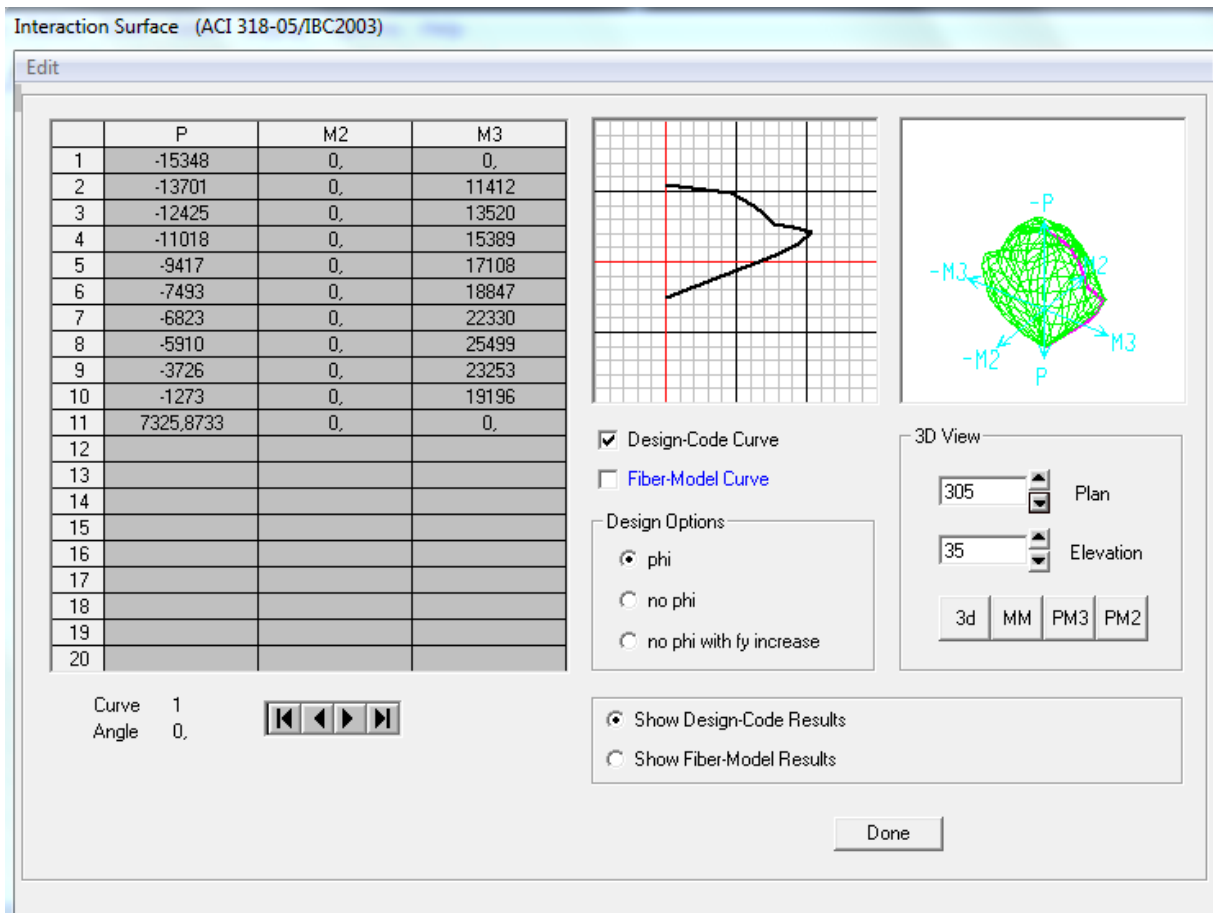


Figura 5.4.6. Resultados del diagrama de interacción de la sección de la columna. Resistencia en sentido X.

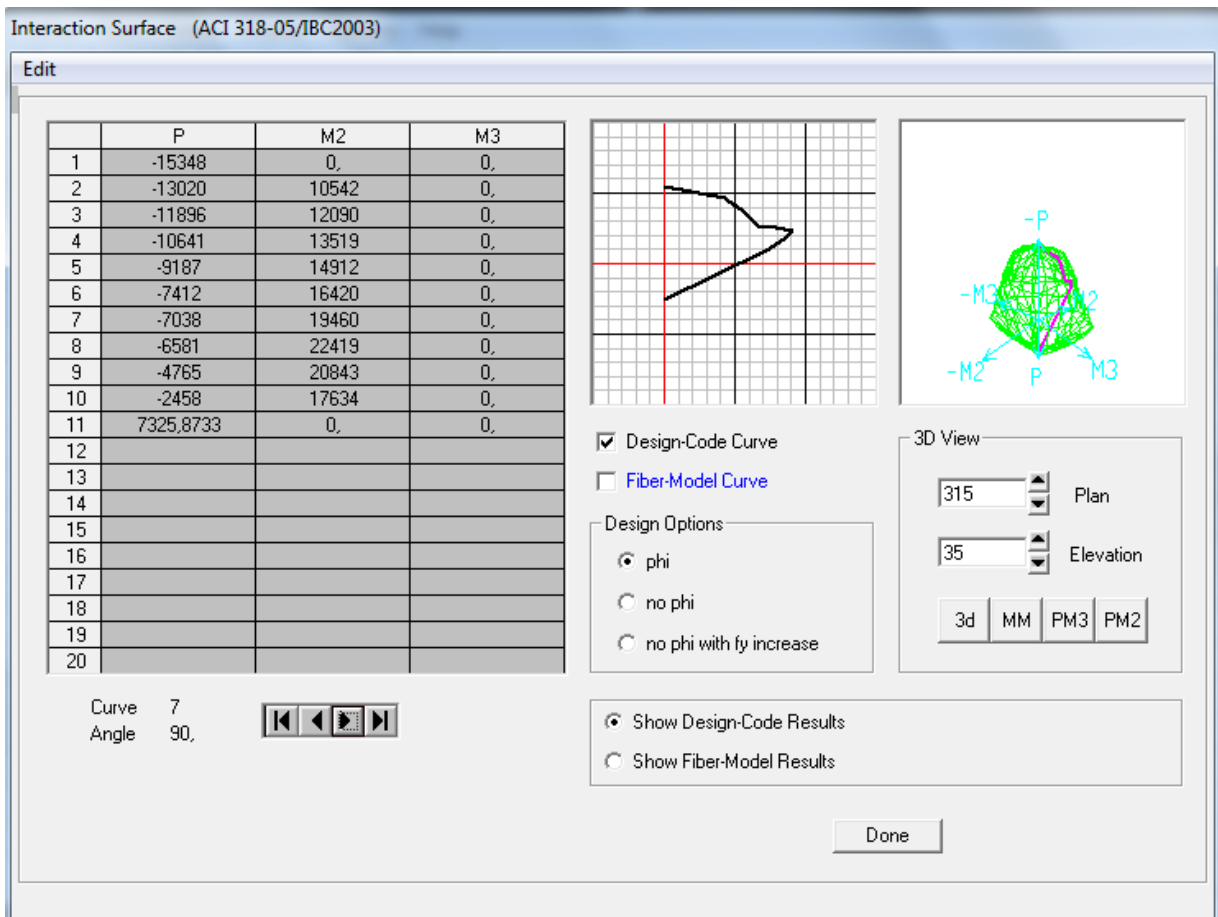


Figura 5.4.7. Resultados del diagrama de interacción de la sección de la columna. Resistencia en sentido Y.

Con estos valores se ha realizado un gráfico en Excel en donde se puede apreciar mejor la curva de interacción de carga axial y momento flector, y con el que se demuestra que la sección no debe incrementarse para satisfacer las necesidades de las columnas.

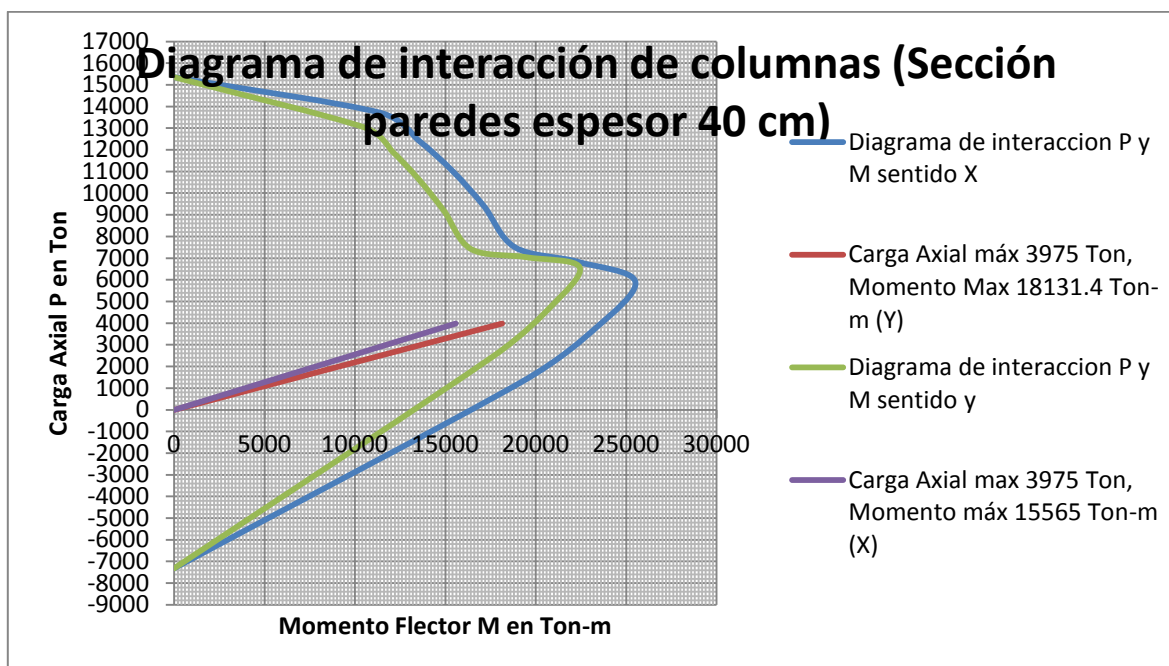


Figura 5.4.8. Diagrama de interacción de columna hueca de espesor de paredes de 40 cm.

Para el diseño de estos pilares se utilizó información obtenida de algunos autores, de donde se determinó que la cuantía de acero debe estar entre 0.01 y 0.06 para columnas, se determinó que de acuerdo a la sección la cuantía de acero que mejor se adaptaba a las necesidades es de 0.0302. Esto se determinó considerando espaciamientos no menores a 10 cm y recubrimientos de 4 cm mínimo. A continuación se presenta la tabla de datos y cálculos utilizados para este diseño.

Máximos		
Axial	3974.5	Ton
cortante y	865.5	Ton
cortante x	1021	Ton
momento y	18131.4	Ton-m
momento x	15565.1	Ton-m

Tabla 5.4.1. Tabla de datos para el diseño de los pilares del puente.

Los momentos máximos que se tiene en sentido longitudinal del puente, en este caso sentido X, es de 15,565 ton-m. En sentido transversal, en este caso sentido Y, el momento máximo es de 18,131 ton-m. Estos valores ha dado el programa SAP2000 considerando las restricciones de desplazamientos en los estribos del puente, ya que sobre los estribos la viga cajón solamente podrá desplazarse un máximo de 7.5 cm en sentido longitudinal sobre los dos estribos, para permitir este desplazamiento se consideró el uso de apoyos de Neopreno de 15 cm de espesor, de grado shore 70 y en 6 apoyos cada uno de 50 x 50 cm. Los cálculos de estos apoyos elastoméricos se realizaron siguiendo los pasos de una guía de diseño. Estos cálculos se encuentran en el apéndice C. El puente no podrá desplazarse en dirección transversal ya que el estribo se construirá con la forma de la viga cajón y esto funcionará como una traba antisísmica en los dos estribos del puente.

Los planos del armado de las columnas y los diafragmas se presentan como anexos de este trabajo en el apéndice B.

## 5.5 Análisis de la capacidad resistente del puente

Diseñadas la sección longitudinal, la sección transversal y los pilares del puente se procede a analizar la capacidad resistente del puente y los resultados que se obtienen de analizar toda la estructura bajo diferentes condiciones de carga hasta encontrar la combinación crítica que de como resultado los esfuerzos de momento y cortante máximos bajo los cuales la estructura deberá trabajar. Con estos momentos y cortantes en la estructura analizada se puede conocer los momentos que los cables de pretensado deberán soportar para que la estructura resista las condiciones de carga críticas durante la construcción y servicio. El método de volados sucesivos es un método en el cuál la combinación de carga crítica se da en la etapa de construcción y no en la etapa de servicio para la superestructura del puente, esto se comprobará a continuación.

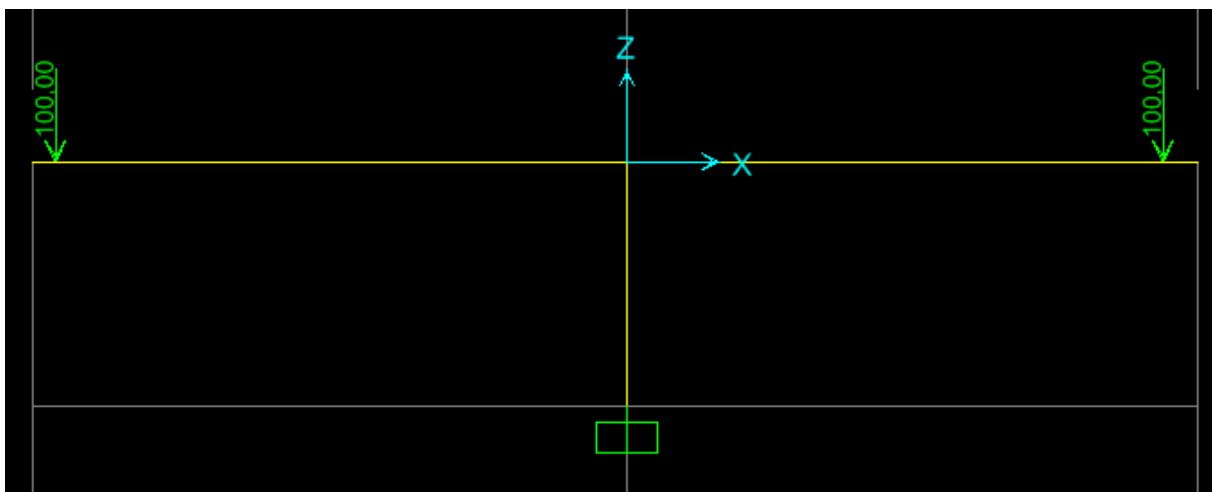


Figura 5.5.1. Estado de cargas crítico para el puente en etapa constructiva.

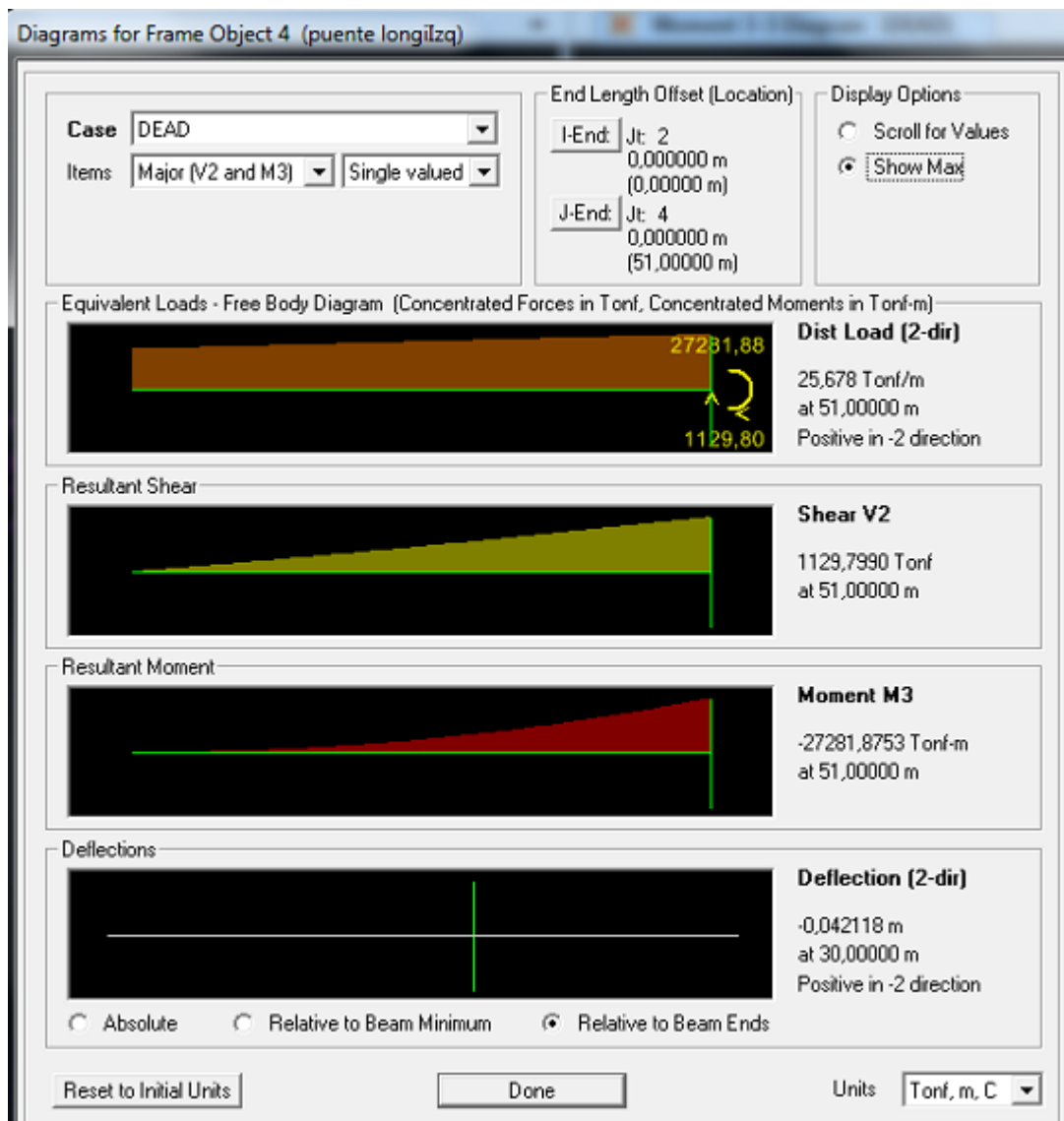


Figura 5.5.2. Resultados de cortantes y momentos máximos en etapa constructiva solo considerando el peso propio de la estructura.

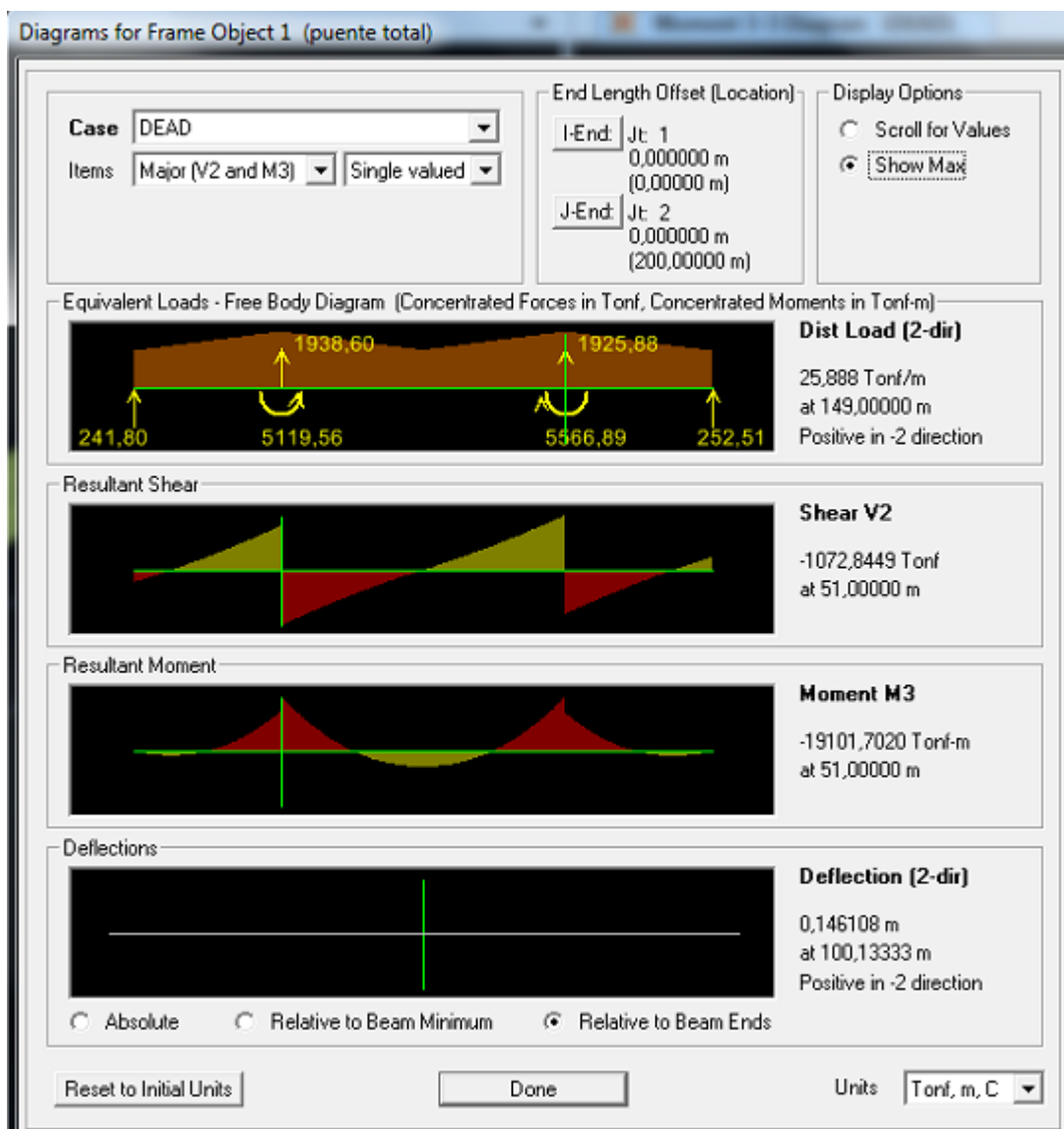


Figura 5.5.3. Resultados de cortantes y momentos máximos finalizada la construcción.

Estas dos figuras muestran los resultados solamente de cargas por peso propio, esto se hace con la intención de demostrar cómo cambia la estructura en etapa constructiva y en etapa de servicio. De estructura isostática a estructura hiperestática.

Viendo estos diagramas de momentos y cortantes, se deduce fácilmente que sus valores máximos se dan cuando el puente está en construcción. Estos momentos no pueden ser

resistidos solamente por el hormigón y es por esto que se utilizan los cables de acero de pretensado. A continuación se presentan unas tablas de los datos y de los momentos que se generan sobre la estructura debido a su peso propio y al peso del encofrado móvil y otros elementos que se consideran como carga viva durante la construcción.

DATOS DE INICIO DE CADA DOVELA							
dovela	DIST X(m)	área	peralte	hs	hi	lxx	lyy
1	0	10.831	5.5	1.58	3.92	54.32	95.82
2	5	10.255	4.96	1.44	3.52	41.34	93.5
3	10	9.657	4.47	1.42	3.05	28.22	91.06
4	15	9.192	4.05	1.22	2.83	23.6	88.88
5	20	8.7664	3.69	1.12	2.57	18.32	86.82
6	25	8.3828	3.39	1.05	2.34	14.4	84.94
7	30	8.09	3.15	0.98	2.17	11.78	83.42
8	35	7.9028	2.98	0.94	2.04	10.14	82.42
9	40	7.7556	2.86	0.9	1.96	9.1	81.54
10	45	7.6824	2.8	0.89	1.91	8.58	81.12

Tabla 5.5.1. Tabla de datos de cada dovela, esto considera las dovelas de cualquiera de los lados.

DATOS PROMEDIO DE CADA DOVELA							
AREA	PERALTE	HS	HI	lxx	lyy	MC1	MC2
10.54	5.23	1.51	3.72	47.83	94.66	316.29	828.79
9.956	4.715	1.43	3.285	34.78	92.28	896.04	2321
9.425	4.26	1.32	2.94	25.91	89.97	1413.68	3788.7
8.979	3.87	1.17	2.7	20.96	87.85	1885.63	5210.6
8.575	3.54	1.085	2.455	16.36	85.88	2315.14	6590.1
8.236	3.27	1.015	2.255	13.09	84.18	2718.01	7943
7.996	3.065	0.96	2.105	10.96	82.92	3118.6	9293.6
7.829	2.92	0.92	2	9.62	81.98	3523.14	10648
7.719	2.83	0.895	1.935	8.84	81.33	3936.69	12012
7.682	2.8	0.89	1.91	8.58	81.12	4378.97	13404

Tabla 5.5.2. Tabla de datos promedio entre inicio y fin de cada dovela.



Todos los valores están en metros y toneladas.  $M_{c1}$  y  $M_{c2}$  son los momentos que generan las dovelas en la sección que estará sobre los pilares.  $M_{c1}$  se debe solo al peso de cada dovela por separado y  $M_{c2}$  se debe al peso propio más la carga del sistema de encofrado móvil y una carga viva distribuida que representa cercanamente la presencia de trabajadores, equipos y materiales sobre cada parte del puente que se ha construido previamente a la dovela que se está considerando. Estos cálculos servirán posteriormente para determinar la fuerza axial que se debe ejercer en los cables de pretensado para que bajo cualquier estado de carga el hormigón no sobrepase sus deformaciones admisibles y así no se generen fisuras que podrían dañar el hormigón, permitir el ingreso de agua y dañar el acero de refuerzo y probablemente los cables de pretensado.

A continuación se presentan los resultados de los esfuerzos máximos encontrados en la etapa constructiva y en la etapa de servicio.

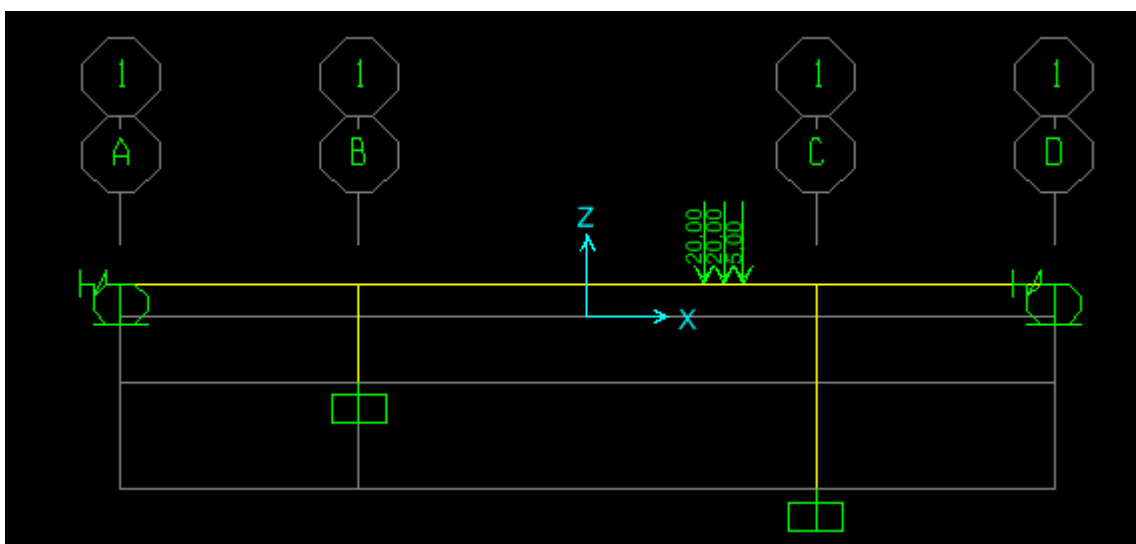


Figura 5.5.4. Estado de carga crítica para el puente en servicio.

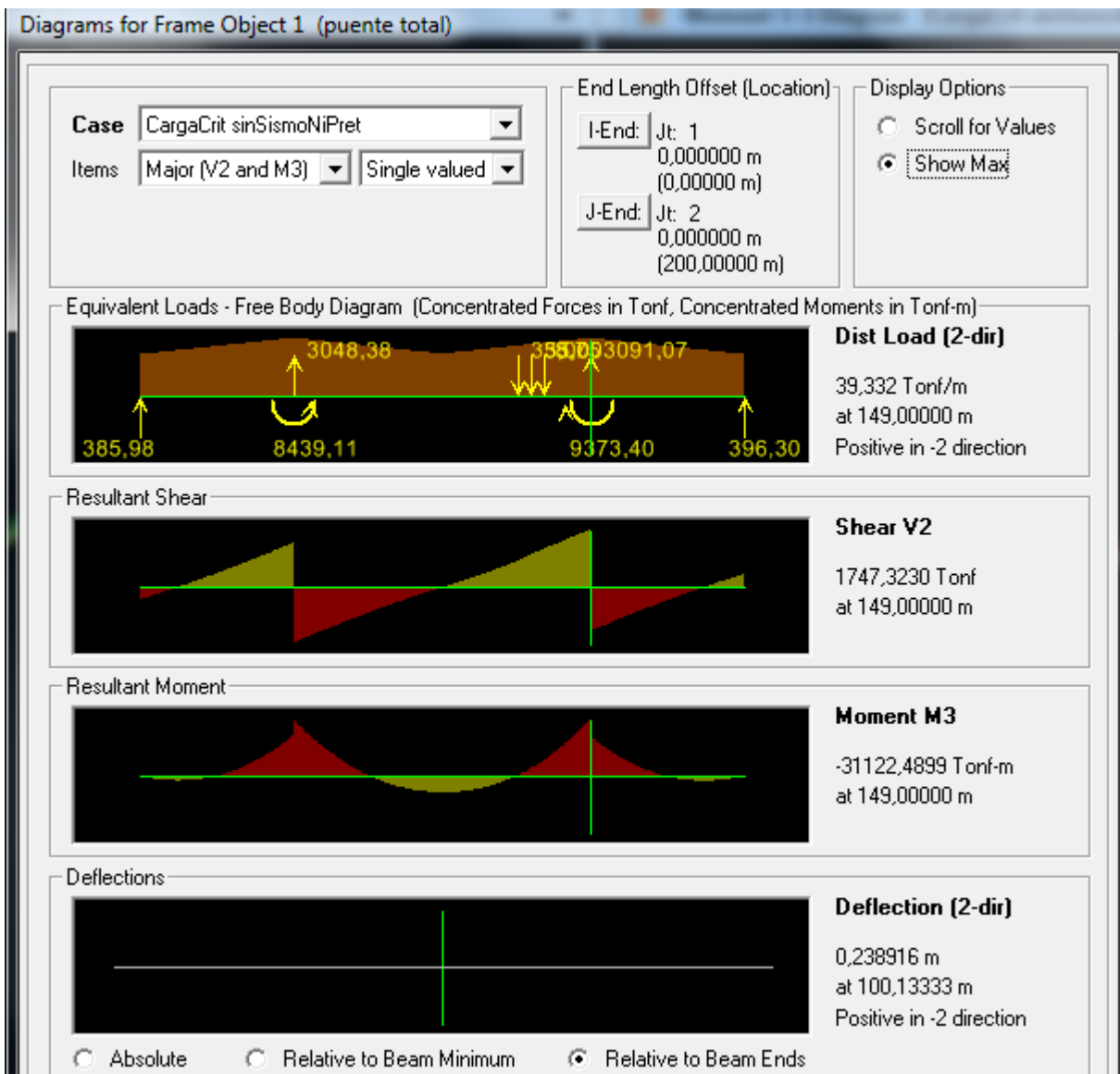


Figura 5.5.3. Resultados de esfuerzos máximos bajo el estado de cargas más crítico durante el tiempo de servicio del puente.

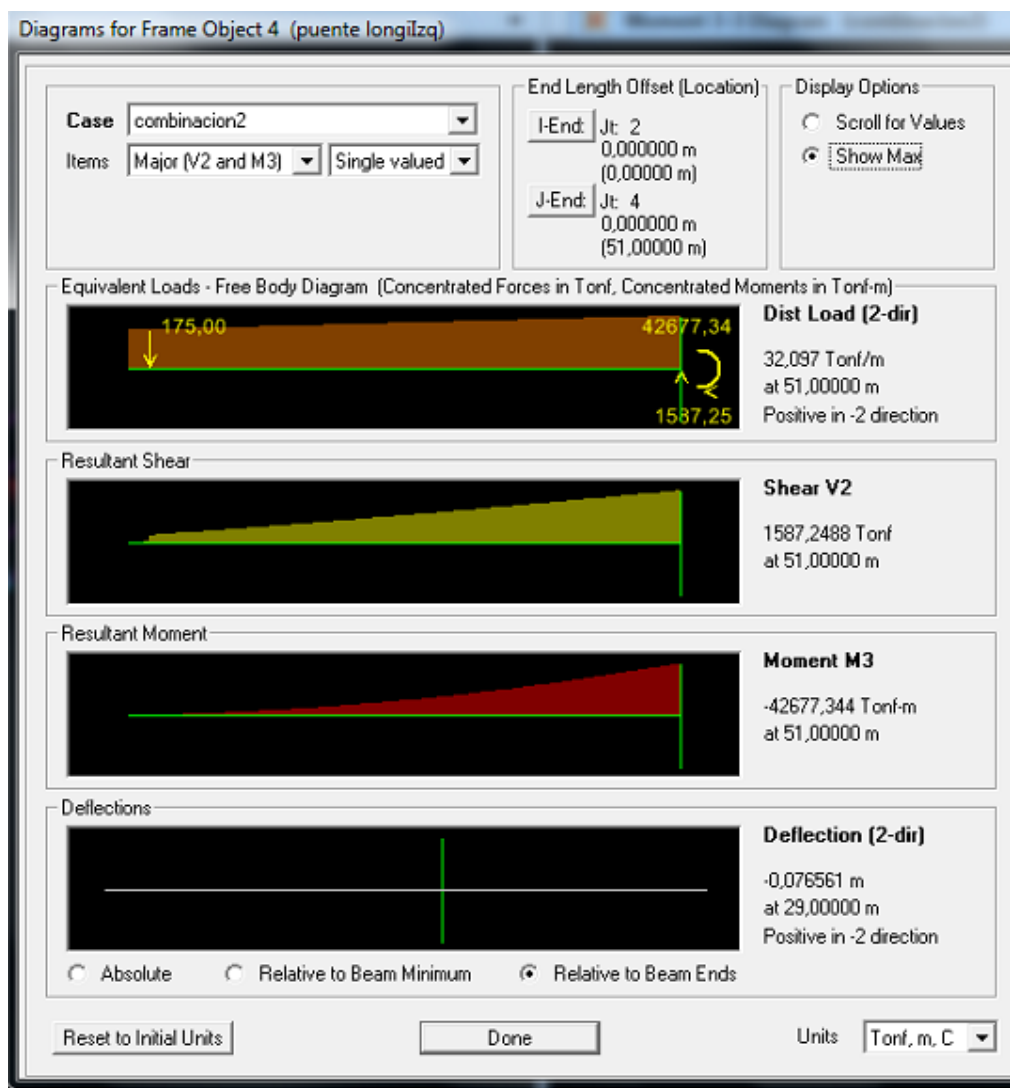


Figura 5.5.4. Resultados de esfuerzos máximos bajo el estado de cargas más crítico durante el tiempo de construcción del puente.

Estos resultados dejan ver fácilmente que los momentos máximos se obtienen durante la etapa constructiva y son estos momentos los que se deben considerar para diseñar los cables de pretensado que serán la parte más importante del diseño de este puente y que son los que garantizan el buen funcionamiento, la durabilidad y la resistencia del puente para por lo menos un tiempo de 50 años. La diferencia entre los valores es del 27%, siendo la etapa constructiva

más crítica que la etapa en servicio para lo que a la superestructura se refiere. Para los pilares, como se mostró anteriormente, la etapa crítica es la etapa de servicio durante un evento sísmico importante. A continuación se presentan los resultados de la superestructura bajo un evento sísmico y la carga más crítica.

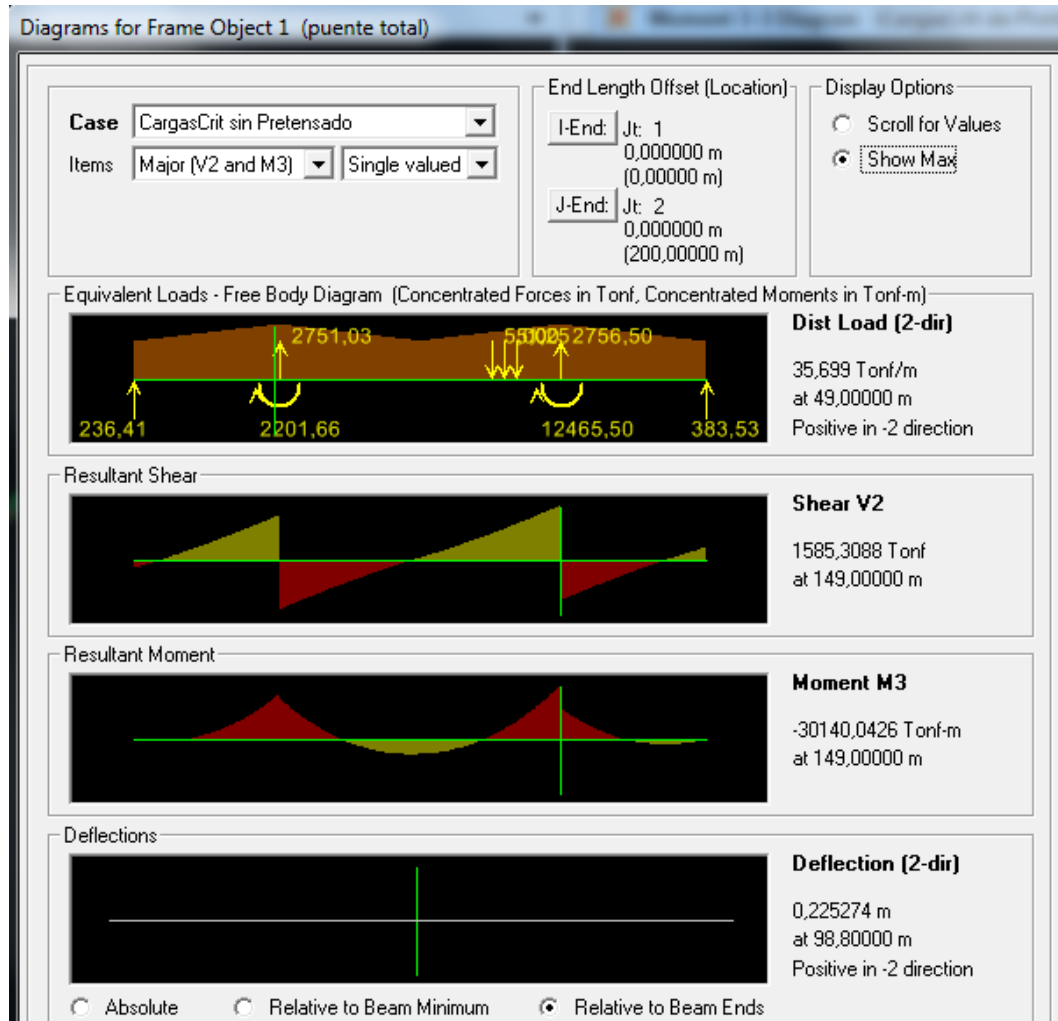


Figura 5.5.5. Resultados de la viga en servicio bajo el estado de carga considerando un evento sísmico.

## 5.6 Diseño de los cables de pretensado

Analizada la estructura se procede a diseñar los cables de pretensado. Para esto se han seguido los pasos de la guía de diseño de puentes en volados sucesivos del Ing. Fernando Romo, Decano del colegio Politécnico de la Universidad San Francisco de Quito y profesor de el curso de hormigón pretensado. Las tablas de cálculos se podrán observar en el Apéndice D. A continuación se presenta una tabla de los valores de P mínimo y P máximo que puede soportar la estructura para que sus deformaciones no sobrepasen los valores permisibles de los materiales, sobre todo, del hormigón. P es la fuerza axial que se debe incluir sobre la viga cajón por medio de los cables de pretensado para generar momentos flectores que contrarresten el peso de la estructura y los momentos que éste genera.

Con estos valores se procederá a calcular cuántos cables se necesitarán para lograr dichos valores considerando que para pretensado se recomienda que la tensión que se aplica en los cables no supere el 70% del UTS o “ultimate tensile strength” o Fuerza última de tensión. Para los cables en este diseño se utilizarán cables de 19 torones de 7 hilos, cada torón de 0.6 pulgadas de diámetro para los cables superiores, ya que estos son los más comunes en puentes en volados sucesivos. Y se utilizarán cables de 19 torones de 0.5 pulgadas de diámetro cada uno de 7 hilos para los cables inferiores o de continuidad. Además se debe considerar las pérdidas de pretensado que dependen de muchos factores como la longitud de los cables, el encogimiento del hormigón, la retracción por fraguado y la relajación del acero. Las pérdidas de pretensión pueden ocasionar que el costo de la construcción sea demasiado alto, es por esta razón que se recomienda que los cables de pretensado no superen los 120 metros de longitud

ya que por fricción se podrían generar pérdidas considerables lo que significaría un aumento de la cantidad de cables y por ende del costo de todo el proyecto.

Los cables de voladizo o superiores se diseñan basándose en una tabla en donde se aprecian los momentos que se generarán en cada dovela debido al peso de la dovela y de las dovelas siguientes a la que se considera. Con estos momentos se calcula un  $P$  mínimo y un  $P$  máximo que son las fuerzas mínimas y máximas que pueden incluirse en cada dovela para evitar que las mismas tengan deformaciones superiores a las que pueden soportar, con esto se evita que se creen fisuras en el hormigón.

Los cables de pretensado de continuidad o inferiores se diseñan en base al diagrama de momentos obtenido como resultado de aplicar el pretensado superior sobre la estructura como un estado de cargas adicional a la carga muerta de la estructura. Lo que se busca con el pretensado inferior es eliminar los momentos positivos que se generan en la viga continua, incluyendo un nuevo estado de cargas. Esto se podrá entender mejor posteriormente através de unos gráficos. Después de incluir el pretensado inferior se genera un fenómeno especial que produce los momentos secundarios de pretensión. Estos momentos secundarios de pretensión son los efectos secundarios que se producen en la estructura debido a la inclusión del pretensado superior e inferior.

Estos momentos deben calcularse y tratarse como un estado de carga adicional, el cual se incluirá sobre la estructura, y se revisará que la estructura soporte estas cargas nuevas con los cables antes diseñados y si no es así, se modificarán la cantidad de cables, la fuerza de pretensión y si es necesario el tipo de cables.

		Dovela 1	Dovela 2	Dovela 3	Dovela 4	Dovela 5	Dovela 6	Dovela 7	Dovela 8	Dovela 9	Dovela 10
Pmin	Ton	143.74	576.32	1303.94	2337.04	3691.81	5392.76	7467.57	9945.03	12864.65	16591.99
Pmax	Ton	7032.66	8235.09	9791.01	11710.89	14010.92	16715.58	19852.57	23450.69	26625.63	29759.02

Tabla 5.6.1. Tabla de P min. y P máx. para cada dovela del puente en volados sucesivos.

Datos de los cables		
# tendones	19	unidades
# torones	7	unidades
Diam Tendón	0.6	pulgadas
ETS	199861.2	Ton/m <sup>2</sup>
Et	21000000.000	Ton/m <sup>2</sup>

Tabla 5.6.2. Datos de los cables que se utilizarán en el diseño.

Cada cable está compuesto por 19 tendones que a su vez están formados por siete torones de alambre de alta resistencia. Estos tendones tienen un diámetro de 0.6 pulgadas. Estos cables están cubiertos por un recubrimiento de polietileno y entre los torones tienen grasa que previene que los cables se corroan. Si se considera que los cables solo pueden tensarse hasta un 70% de su resistencia última entonces la fuerza máxima que puede incluirse en los cables será de 139,903 Ton/m<sup>2</sup>. Con este esfuerzo hay que calcular el área necesaria para incluir una fuerza P que satisfaga cada uno de los P mínimos y no sobrepase los P máximos acumulando la fuerza P incluida en cada una de las dovelas anteriores. Pero deben considerarse además las pérdidas de pretensado.

Las pérdidas de pretensado es un tema muy complejo dentro de lo que es el hormigón pretensado y podría realizarse una tesis solamente de cómo determinar cada una de las pérdidas que se dan. Para este diseño se han considerado fórmulas y métodos recomendados por la AASHTO y que se describen en el libro de Nigel Hewson, prestressed concrete bridges: construction and design. Según Hewson las pérdidas más importantes son: perdidas por fricción, por deformación elástica, relajación del acero, retracción de fraguado y encogimiento del hormigón. Las fuerzas de pretensado después de las pérdidas serán:

$$F_{pc} = f_p - L_e - L_r - L_c - L_s$$

De donde:

$F_{pc}$ : fuerza incluida por los cables de pretensado después de las pérdidas.

$F_p$ : Fuerza inicial incluida en los cables de pretensado considerando la fricción.

$L_e$ : pérdida por deformación elástica. (elastic shortening).

$L_r$ : pérdidas por relajación del acero.(relaxation).

$L_c$ : pérdida por retracción de fraguado. (creep).

$L_s$ : perdida por encogimiento del hormigón. (shrinkage)

La fuerza  $F_p$  y las pérdidas se calculan como sigue:

$$F_p = F_0 * e^{-(\mu\theta + kx)}$$

$$L_e = \sigma c(E_t/E_c)$$

$$L_r = 34.5 - 0.05l_f - 0.1l_e - 0.05(l_c + l_s)$$

$$L_c = \phi \sigma c(E_t/E_c)$$



$$L_s = 0.8(117.21 - 1.034RH)$$

Siendo:

Fo: Fuerza incluida inicial en los cables de pretensado.

$\mu$ : coeficiente de fricción actuando en el cambio de ángulo en el perfil del tendón.

$\theta$ : ángulo de giro en el perfil del tendón.

$\phi$ : factor de “creep” que depende del tipo de concreto y la mezcla, varía entre 1.6 y 2.5.

$\sigma_c$ : mitad del esfuerzo total final en el hormigón, promediado a lo largo de la longitud del tendón.

K: coeficiente de desalineamiento, considera una medida por errores en la alineación de la colocación de los ductos de pretensado debido a la longitud de los mismos.

X: longitud del cable a ser analizado.

Con estos datos es posible calcular las pérdidas de pretensión, todas las fórmulas dan los resultados en unidades de N y cm. Estos cálculos son extensos y se deben hacer para cada conjunto de cables para cada par de dovelas ya que la longitud es diferente para cada par de dovelas. Estos cálculos se realizaron en Excel y todos los cálculos pueden observarse en el Anexo E, aquí solo se presentará un resumen de los resultados obtenidos.

Resumen De cables de pretensado.						
P inicial	P final	# de cables	P obtenido	P min	Comprobación	% perdida
2909	2590.25	6	18419.60	16591.99	está bien	10.9575078
2909	2559.98	6	15829.36	12864.65	está bien	11.9980312
1940	1718.02	4	13269.38	9945.03	está bien	11.4425006
1940	1697.60	4	11551.37	7467.57	está bien	12.4947425
1940	1677.17	4	9853.76	5392.76	está bien	13.5481452
1940	1656.83	4	8176.60	3691.81	está bien	14.5964867
1940	1636.86	4	6519.77	2337.04	está bien	15.6256716
1940	1617.63	4	4882.91	1303.94	está bien	16.6170094

1940	1599.01	4	3265.28	576.32	está bien	17.5768778
1940	1666.27	4	1666.27	143.74	está bien	14.1098678

Tabla 5.6.3. Resumen de pérdidas de pretensión en cables después de pérdidas inmediatas y pérdidas después de un tiempo de servicio.

Con estos valores y conociendo la excentricidad que existirá en cada punto donde se aplicará la fuerza de pretensado, utilizando los datos antes obtenidos de la distancia existente entre el centro de gravedad y la fibra superior de la viga cajón. A este dato conocido se le resta la distancia entre la mitad de los dos o tres cables y la fibra superior de la viga. Esto se hace con la intención de conocer el momento que se producirá en la estructura ya que se conoce la fuerza aplicada y la distancia. Estos momentos se ingresan en el programa SAP2000 como un nuevo estado de cargas que estabilizarán la estructura y reducirán las deformaciones que se obtenían antes solo considerando la estructura como una estructura de hormigón armado.

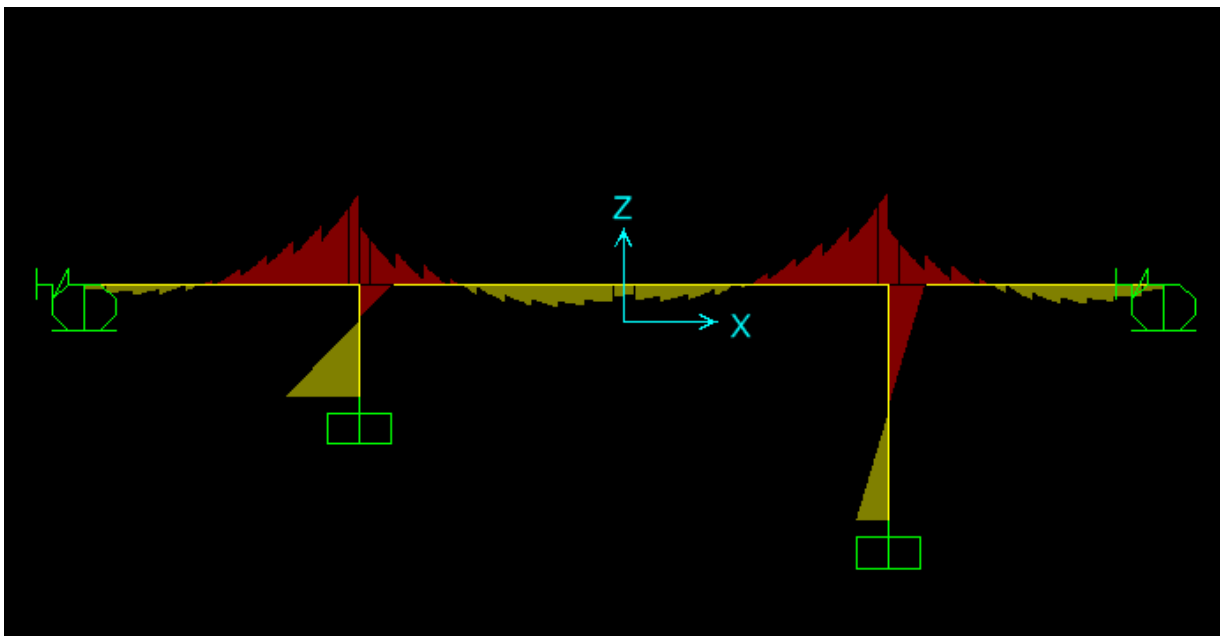


Figura 5.6.1. Diagrama de momentos bajo el estado de carga crítica considerando todas las restricciones y desplazamientos permisibles finales para el puente en servicio.

Con este grafico se puede observar el efecto que causan los cables de pretensado sobre la estructura y en la forma en que hacen que los momentos negativos disminuyan. A su vez estos cables generan un momento secundario de pretensado que es el que genera que los momentos positivos incrementen. Estos momentos secundarios de pretensión deben ser corregidos si es necesario, después de incluir los cables de pretensado inferior que generan momentos en el sentido opuesto a los cables superiores. Estos cables se conocen como cables de continuidad ya que aseguran la continuidad de la estructura y garantizan que toda la viga funcione como una viga continua, con estos cables se intenta eliminar o reducir al máximo los momentos positivos que se generan sobre la viga cuando esta pasa de ser una estructura isostática a una estructura hiperestática. A continuación se presentarán los gráficos en donde se muestran los valores de los momentos flectores de la estructura sin cables de pretensado y con cables de pretensado.

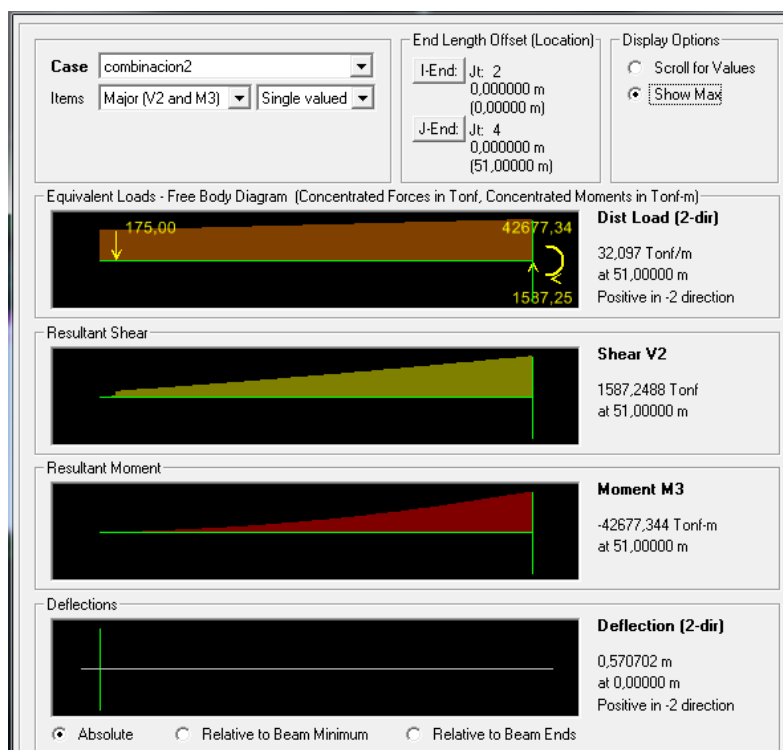


Figura 5.6.2. Diagrama de cortante, momento y deformación de la viga cajón en etapa constructiva sin considerar los cables de pretensado. Momento máx: -42,677 ton-m.

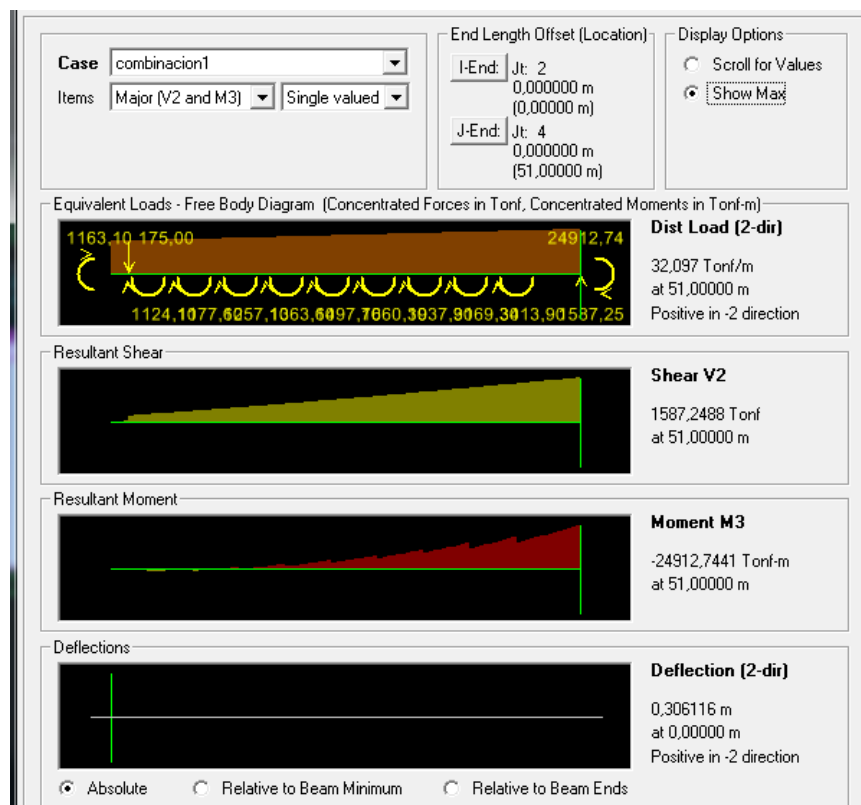


Figura 5.6.3. Diagrama de cortante, momento y deformación de la viga cajón en etapa constructiva incluyendo los cables de pretensado. Momento máx: -24,913 ton-m.

Los momentos negativos disminuyen casi en un 50% y momentos positivos aparecen en la viga y estos son los que se deben controlar con cables de pretensado colocados en el inferior de la viga y que se llaman cables de continuidad. Estos son el segundo tipo de cables que se colocan en puentes construidos en volados sucesivos. A continuación se presentan dos gráficos de cómo quedarán las dovelas más grandes y más pequeñas después de fundido el hormigón. Este será el aspecto de las dovelas antes de realizar el paso de los cables de

pretensión. Para el diseño se han considerado las distancias recomendadas de separación de ductos, secciones óptimas para colocación de anclajes, mordazas, sistemas de pretensión, etc.

area seccion central = 7,6364 m<sup>2</sup>  
peralte 2.8 m

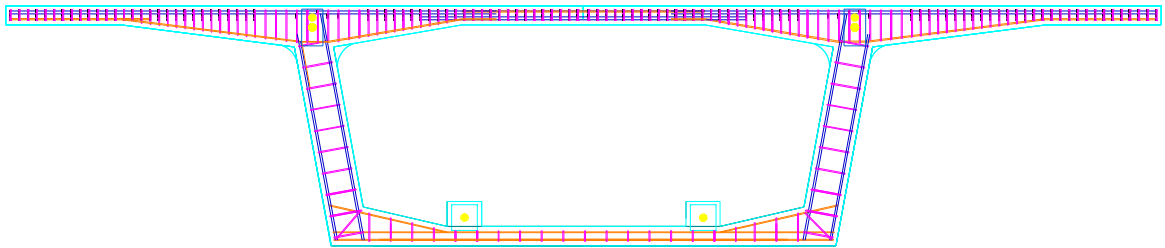


Figura 5.6.3. Diseño de armado de hierros y ductos de pretensado de las dovelas de 2.8 m. de peralte

area seccion central = 10,785 m<sup>2</sup>  
peralte 5.50 m

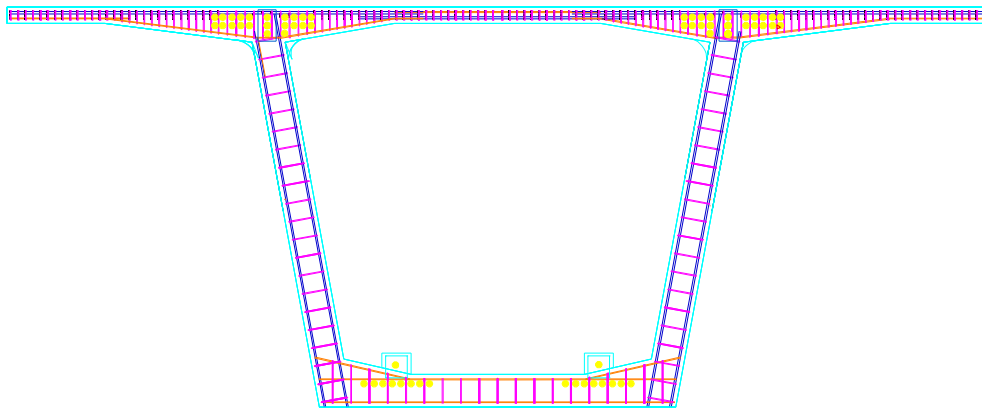


Figura 5.6.4. Diseño de armado de hierros y ductos de pretensado de las dovelas de 5.5 m. de peralte.

Para el cálculo de los cables inferiores se han considerado los momentos positivos máximos que se dan en la estructura en su centro y sus extremos. Se ha calculado la fuerza necesaria requerida en cada dovela para ejercer un momento tal, que el momento positivo sea lo más cercano posible a cero. Para esto también se han considerado pérdidas de pretensado y las distancias entre el centro de gravedad y el punto de aplicación de la fuerza de los cables para poder calcular los momentos que se producirán al aplicar la fuerza de tensión. Calculadas las fuerzas y los momentos producidos, se ingresan nuevamente al programa SAP2000 como un nuevo estado de cargas, se definen las deformaciones verticales y se calcula la contra-flecha con la que se deberá construir el puente y la pendiente que deberá mantener el constructor durante la construcción del puente para evitar fisuraciones, errores de precisión al momento de colocar la dovela de cierre o las dovelas que se asentarán en los estribos.

Los cables inferiores de pretensado tendrán la siguiente fuerza incluida para cada dovela:

Distacia X		0	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49
Momentos	Iniciales CM+PretSup	1163	1405	2264	3150	2177	1228	-323	-2479	-5150	-7413	-10279
Pretesando inferior	Excentricidad Inf	1.5805	1.5805	1.6255	1.6699	1.7881	1.9399	2.1399	2.3699	2.5573	2.9799	3.3399
	P	0	0	400	400	400	500	500	500	0	0	0
	Momento incluido	0	0	650.2	667.96	715.24	969.95	1069.95	1184.95	0	0	0
	M acumulado	5258.25	5258.25	5258.25	4608.1	3940.1	3224.85	2254.9	1184.95	0	0	0

		Distacia X	53	58	63	68	73	78	83	88	93	98
Momentos Iniciales CM+PretSup		-	12730	-6128	-3790	-2027	171	1883	3019	3579	3563	2972
Pretesando inferior	Excentricidad Inf	3.3399	2.9799	2.5573	2.3699	2.1399	1.9399	1.7881	1.6699	1.6255	1.5805	
	P	0	0	0	400	400	400	400	400	400	0	0
	Momento incluido	0	0	0	947.96	855.96	775.96	715.24	667.96	650.2	0	0
	M acumulado	0	0	0	947.96	1803.92	2579.88	3295.12	3963.08	4613.28	4613.28	4613.28

		Distacia X	102	107	112	117	122	127	132	137	142	147
Momentos Iniciales CM+PretSup		2972.00	3563	3579	3019	1883	171	-2027	-3790	-6128	-12730	
Pretesando inferior	Excentricidad Inf	1.5805	1.6255	1.6699	1.7881	1.9399	2.1399	2.3699	2.5573	2.9799	3.3399	
	P	0	400	400	400	400	400	400	0	0	0	0
	Momento incluido	0	650.2	667.96	715.24	775.96	855.96	947.96	0	0	0	0
	M acumulado	4613.28	4613.28	3963.08	3295.12	2579.88	1803.92	947.96	0	0	0	0

		Distacia X	151	156	161	166	171	176	181	186	191	196	200
Momentos Iniciales CM+PretSup		-10279	-7413	-5150	-2479	-323	1228	2177	3150	2264	1405	1163	
Pretesando inferior	Excentricidad Inf	3.3399	2.9799	2.5573	2.3699	2.1399	1.9399	1.7881	1.6699	1.6255	1.5805	1.5805	
	P	0	0	0	500	500	500	400	400	400	0	0	0
	Momento incluido	0	0	0	1184.95	1069.95	969.95	715.24	667.96	650.2	0	0	0
	M acumulado	0	0	0	1184.95	2254.9	3224.85	3940.09	4608.1	5258.3	5258.25	5258.25	5258.25

Tabla 5.6.4. Datos de la fuerza P a incluirse en el pretensado de solidarización o de continuidad para cada tramo del puente.

A continuación se presenta un gráfico de cómo varía el diagrama de momentos al incluir estos momentos obtenidos por el pretensado inferior:

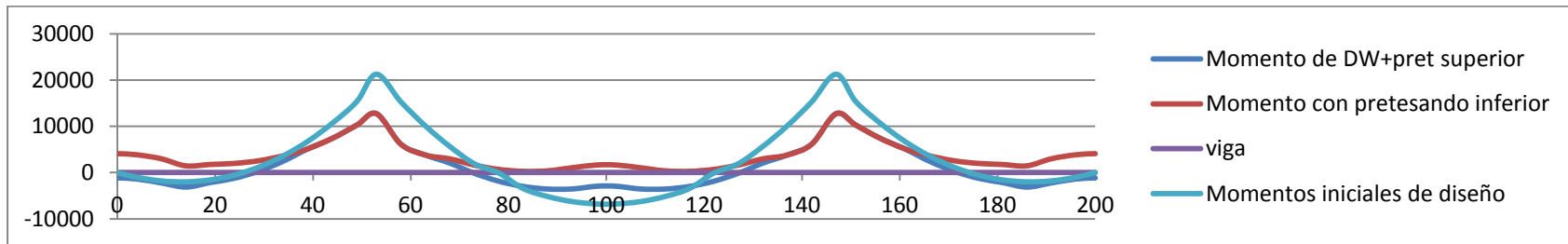


Figura 5.6.5. Diagrama de momentos sin pretensado inferior y con pretensado inferior.

Lo que se ha buscado incluyendo el pretensado inferior es reducir en lo posible los momentos positivos en la viga del puente. Se ha utilizado el diagrama en Excel como una guía para poder cuantificar los valores necesarios para corregir los momentos secundarios de pretensión que se generan en la estructura debido a los cables de pretensado de voladizo cuando estos cambian de estar en volado a pasar a formar una viga continua de una estructura hiperestática.

Los cables de pretensado inferior serán cables de 19 tendones de 0.5 pulgadas de diámetro, se colocarán 2 cables para cada dovela. Las 500 toneladas están por debajo del 70% del UTS de 673 toneladas que es el valor admisible y es preciso considerar un 15% de pérdidas de fuerza de pretensión. Por lo que se deberá tensar los cables con una fuerza final de 460 toneladas para las



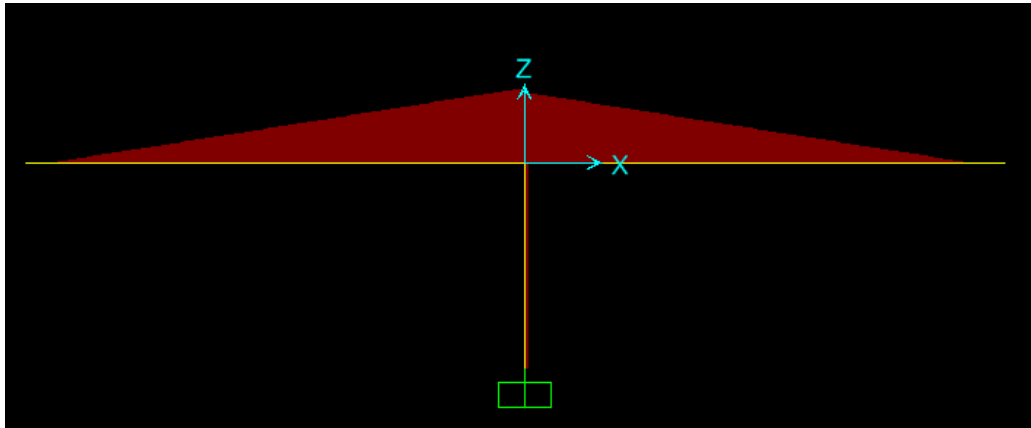
dovelas donde se incluirá 400 toneladas y con una fuerza de 575 toneladas para las dovelas donde se incluirán 500 toneladas.

Vale señalar que estos análisis se realizan considerando la presencia de placas de neopreno que están representadas, en el programa SAP2000, por resortes de una rigidez igual a la calculada de las placas de neopreno. Las placas de neopreno fueron calculadas para permitir un desplazamiento máximo de 7.5 cm. Las juntas de dilatación serán de 10 cm. Es importante también aclarar que con la presencia de los cables de pretensado está demostrado que sí es necesario incluir lastre en las dovelas de los extremos ya que en todas las condiciones de carga menos en la de sismo se tienen reacciones positivas en los estribos del puente. Esto se corregirá construyendo diafragmas en los extremos de la viga cajón con un volumen aproximado a 35 metros cúbicos ya que esto genera un peso adicional de 84 toneladas que es superior a la reacción de -70.52 toneladas que se da bajo el estado de carga crítico y un evento sísmico.

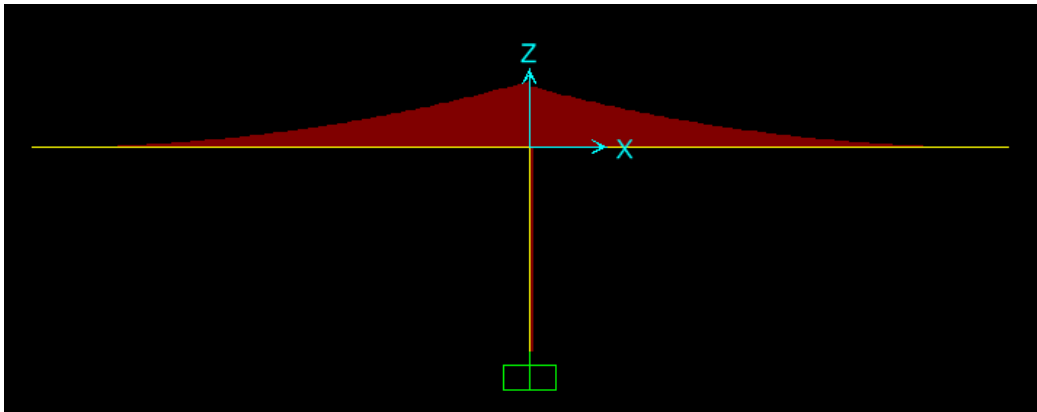
Los momentos secundarios de pretensión se han calculado para cada dovela y posteriormente se realizó un análisis para determinar si era o no necesario modificar los cables de pretensado para solventar las necesidades de la estructura bajo el nuevo estado de cargas. Este análisis se puede apreciar un poco más adelante.

A continuación se presenta una secuencia de imágenes que muestran la importancia del pretensado:

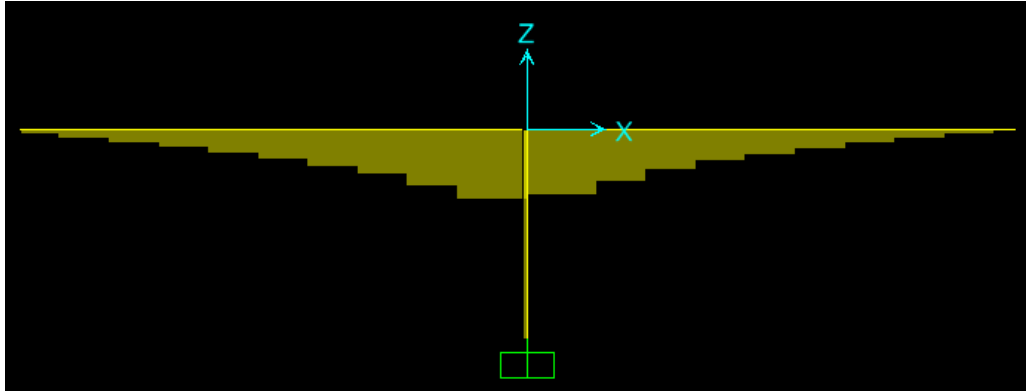
1. Momentos de la viga en construcción por carga viva:



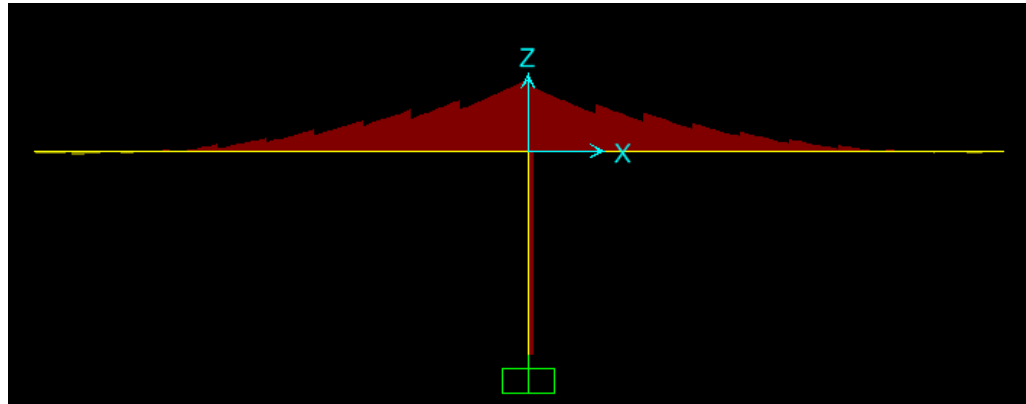
2. Momentos de la viga en construcción por peso propio:



3. Momentos de la viga en construcción por cables de pretensado superior:



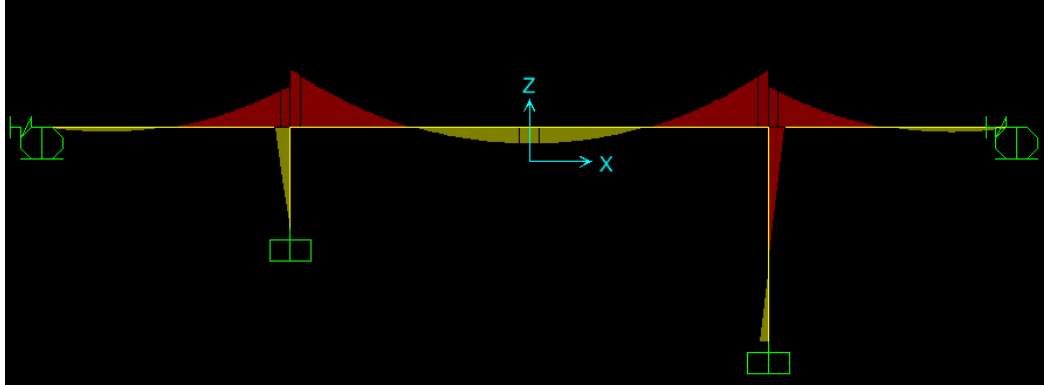
4. Momentos de la viga bajo todas las cargas actuantes:



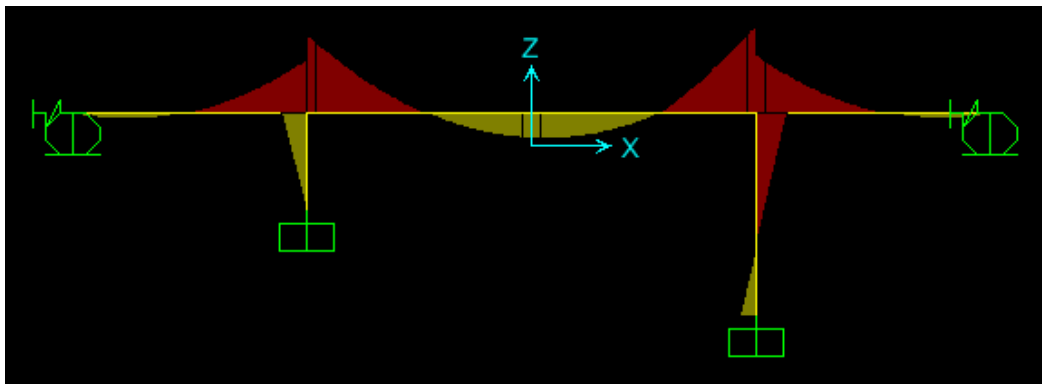
Figuras 5.6.6. Secuencia de imágenes que demuestra el efecto del pretensado en la etapa constructiva.

Ahora se mostrará el efecto del pretensado en el puente en su etapa de servicio.

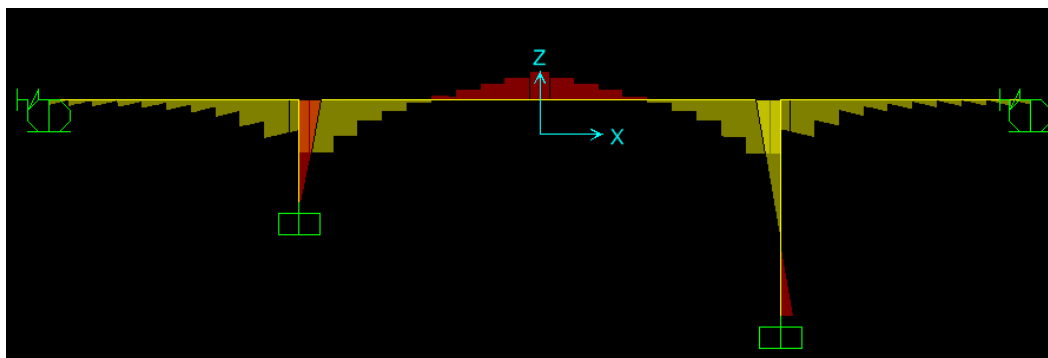
1. Momentos de la viga en etapa de servicio bajo peso propio:



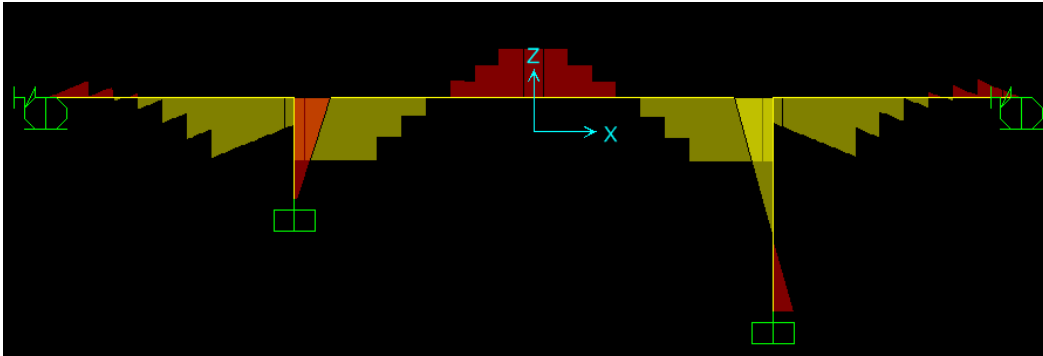
2. Momentos de la viga en etapa de servicio bajo cargas vivas críticas:



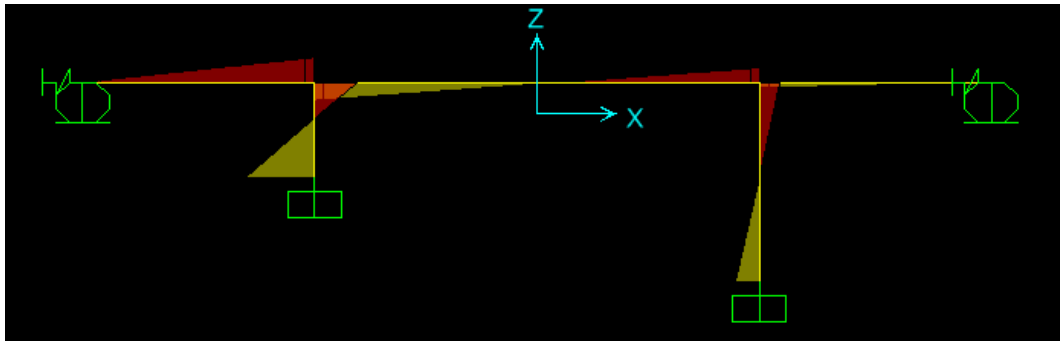
3. Momentos de la viga en etapa de servicio por cables de pretensado superior:



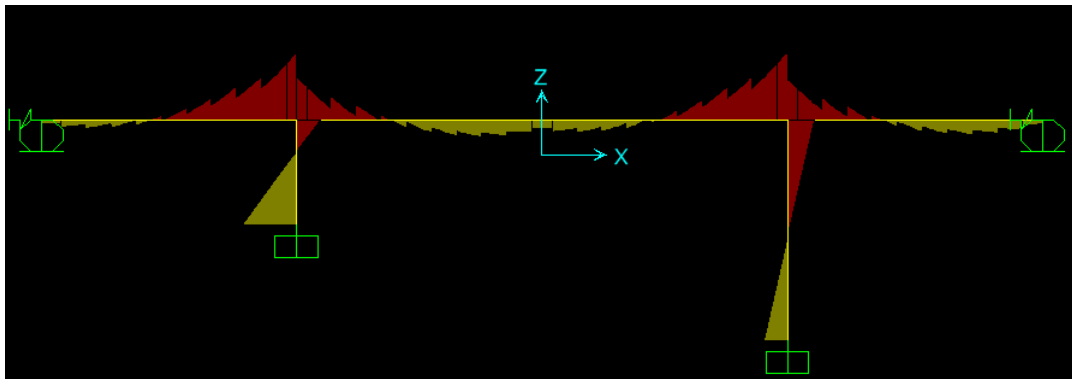
4. Momentos de la viga en etapa de servicio por cables de continuidad:



5. Momentos de la viga en etapa de servicio por un evento sísmico:



6. Momentos de la viga bajo todas las condiciones de carga:



Figuras 5.6.7. Secuencia de imágenes que demuestran el efecto del pretensado en la etapa de servicio del puente.

Hay que señalar que los diagramas de momentos de los diferentes estados de carga no están en la misma escala y estos gráficos simplemente quieren demostrar los efectos que causa cada estado de cargas y como varían los diagramas de momentos y no sus valores numéricos.

A continuación se presentan los resultados de los estados de carga más importantes:



Figura 5.6.8. Resultados de la viga bajo el estado de cargas críticas, sismo y cargas de pretensión.

De este análisis y estos resultados se puede observar que la máxima deformación que sufrirá la estructura será en el centro de la luz máxima y se deformará casi 8 centímetros, de aquí se puede definir que debe dársele a la estructura una contraflecha de 10 centímetros en el centro de su luz. No se

profundizará en este tema ya que es muy complejo sobretodo considerando la parte constructiva ya que hay que considerar muchos factores y hacer muchos cálculos que no vienen al caso en este trabajo.

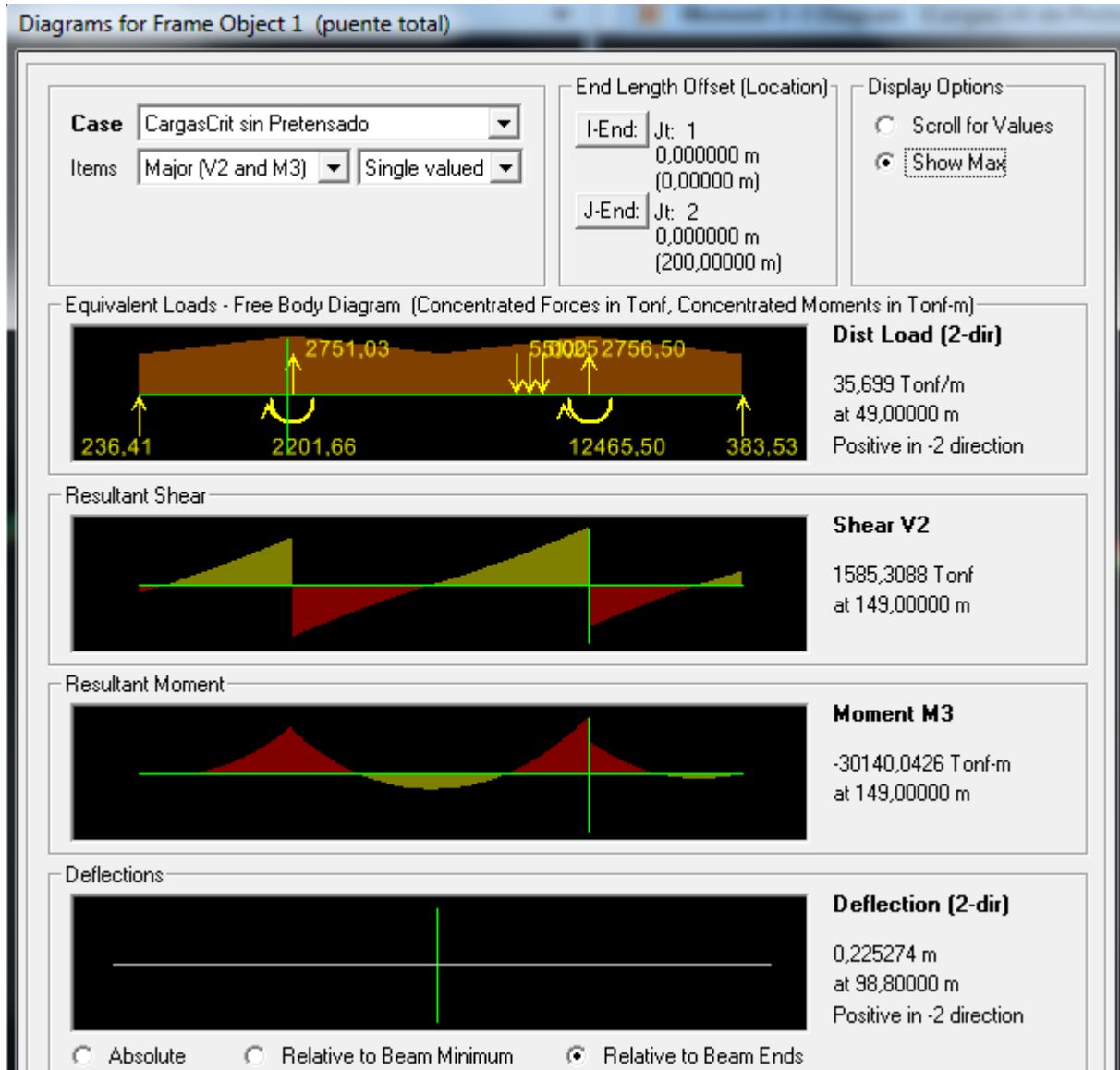


Figura 5.6.9. Resultados del estado de cargas críticas y sismo pero sin cargas de pretensado.

El pretensado reduce en un 41% los momentos bajo el mismo estado de cargas muertas, vivas y sísmicas de la superestructura del puente. Así mismo, reduce las deformaciones que la estructura sufriría sin los cables de pretensión.



Figura 5.6.10. Resultados del estado de cargas crítico durante la etapa de construcción sin considerar las cargas de pretensión superior ni inferior.



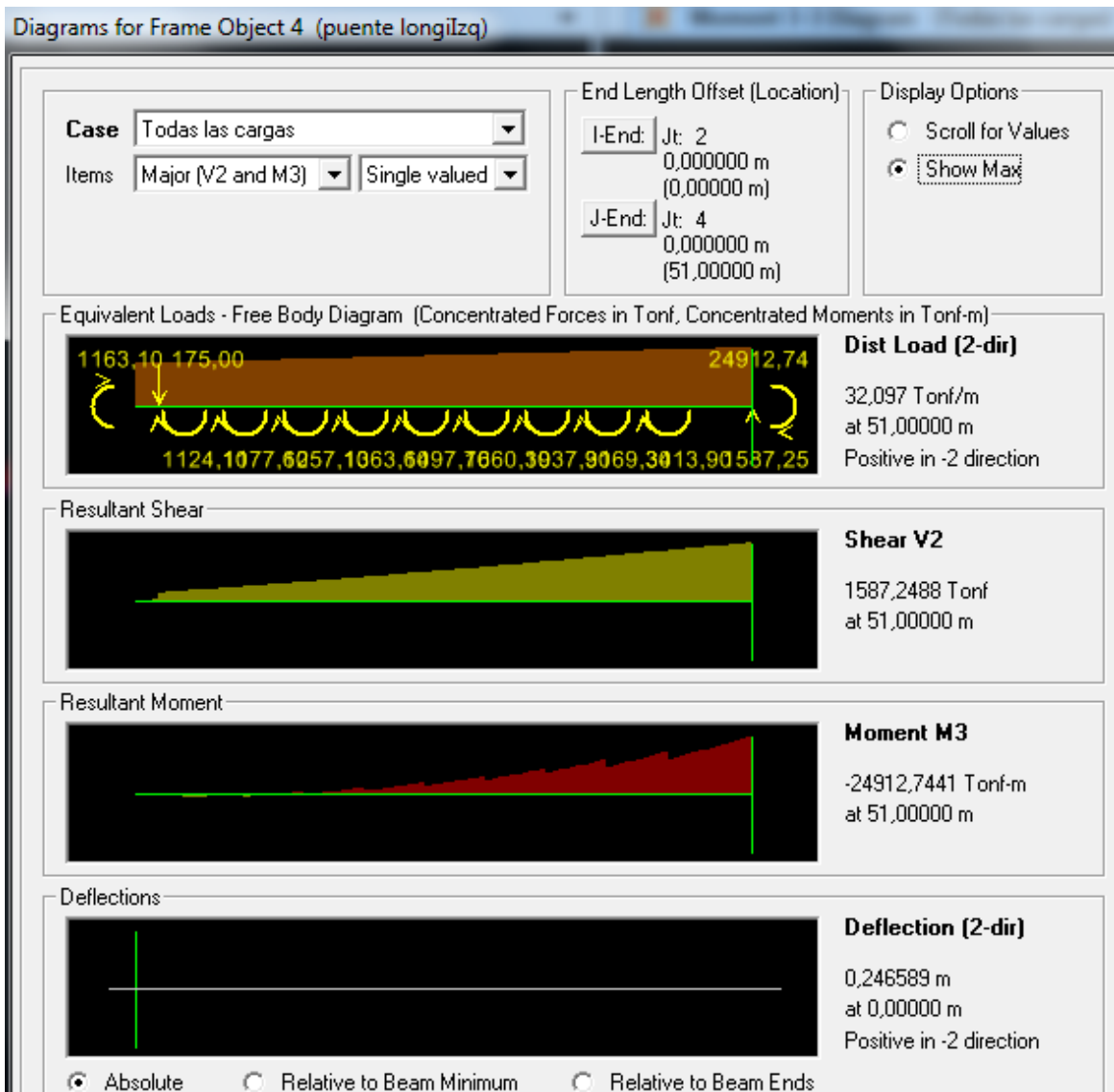


Figura 5.6.11. Resultados del estado de cargas crítico de la estructura en etapa de construcción pero considerando cargas de pretensado superior e inferior.

Se ve como el pretensado reduce el momento máximo de 42677 ton-m a 24912 ton-m, esta reducción de los momentos es lo que hace que el hormigón pretensado sea un método tan bueno de construcción.

Los momentos secundarios de pretensión se obtienen de la diferencia entre los momentos calculados incluidos por el pretensado, considerando fuerza de los cables por la distancia al centro de gravedad desde donde se aplica la fuerza, y los momentos obtenidos como resultado del análisis estructural de los cables en la estructura. Estos valores se calculan y se restan entre ellos, esta diferencia en cada punto es el momento secundario de pretensión.

Distacia X		0	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49
Momentos Iniciales CM+PretSup		1163	1405	2264	3150	2177	1228	-323	-2479	-5150	-7413	-10279
Momentos por pretensado sup e inf		1163	-64.63	-475.2	780.5	208.4	752.5	1685.6	2881.2	4469.43	6104.1	7983.3
Pretesando inferior	Excentricidad Inf	1.5805	1.5805	1.6255	1.6699	1.7881	1.9399	2.1399	2.3699	2.5573	2.9799	3.3399
	P	0	0	400	400	400	500	500	500	0	0	0
	Momento incluido	0	0	650.2	667.96	715.24	969.95	1069.95	1184.95	0	0	0
	M acumulado	5258.25	5258.25	5258.25	4608.1	3940.1	3224.85	2254.9	1184.95	0	0	0
Pretensado superior	Excentricidad sup	-0.698	-0.698	-0.703	-0.728	-0.768	-0.823	-0.893	-0.978	-1.128	-1.238	-1.318
	P	1666.27	1599.01	1617.63	1636.86	1656.83	1677.17	1697.60	1718.02	2559.98	2590.25	0
	Momento incluido	-1163.06	1116.11	-1137.2	-1191.6	-1272.4	-1380.3	1515.959	-1680.22	-2887.65	-3206.72	0
	M acumulado	-1163.06	2279.16	-3416.4	-4608	-5880.4	-7260.7	8776.703	-10456.9	-13344.6	-16551.3	-16551
Mom acumulado de pretension		4095.195	2979.09	1841.89	0.0571	-1940.3	-4035.9	6521.803	-9271.97	-13344.6	-16551.3	-16551
Momento secundario de pret		-5258.19	2914.46	-1366.7	-780.56	1731.9	3283.39	4836.203	6390.772	8875.147	10447.2	8568

Tabla 5.6.5. Tabla de momentos calculados y obtenidos del programa SAP2000 para obtener los momentos secundarios de pretensión MSP.

Momento carga muerta DW	0	1030.4	1811	2006	1587	527	-1203	-3631	-6784	-10690.5	-15378
Momento DW + pret sup+ pret inf	4095.25	3853.25	2994.25	1458.1	1763.1	1996.85	2577.9	3663.95	5150	7413	10279
Momentos finales en la estructura (DW + Pret Sup + Pret Inf + MSP)	-1162.94	938.793	1627.56	677.49	3495	5280.24	7414.103	10054.72	14025.15	17860.2	18847

Tabla 5.6.6. Variación de los estados de carga sobre la estructura.

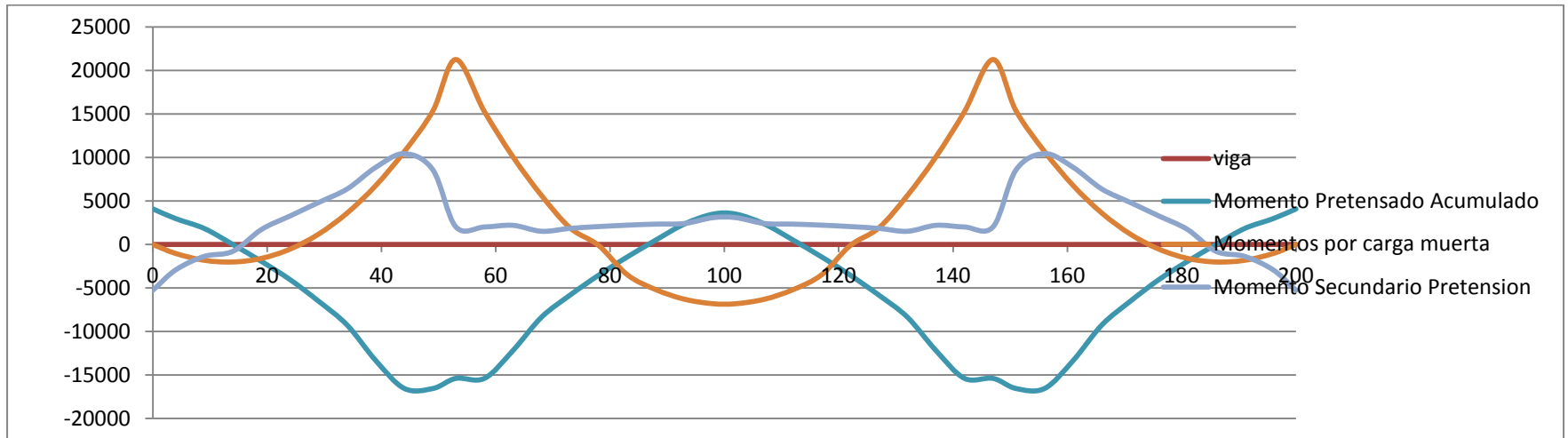


Figura 5.6.12. Diagramas de momentos de carga muerta, cargas por pretensado, cargas de momentos secundarios de pretensión.

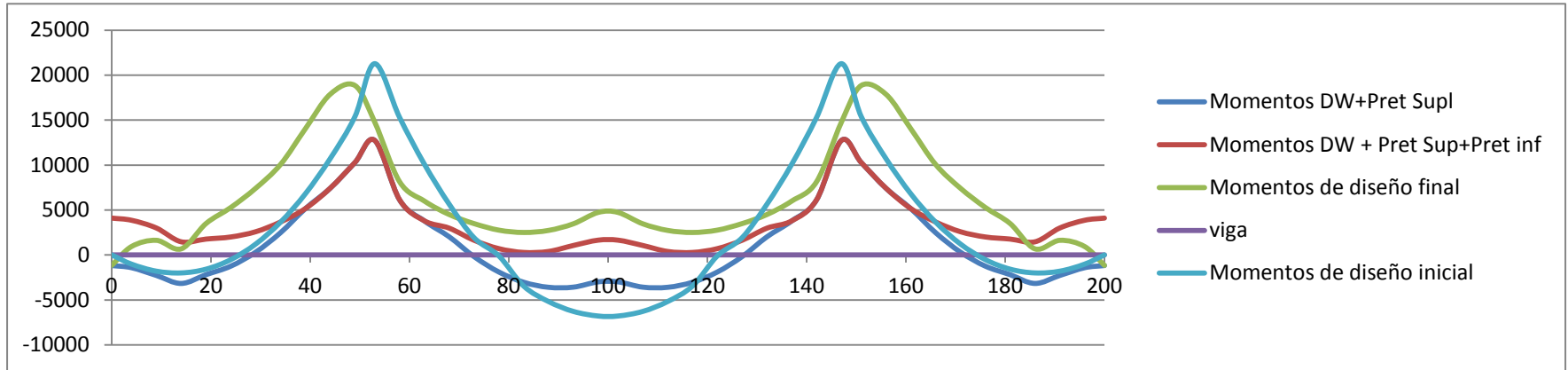


Figura 5.6.13. Variación de diagramas de momentos de la estructura bajo los diferentes estados de cargas.

Definidos los nuevos momentos de diseño se pasa a analizar nuevamente la estructura para encontrar nuevos valores de P mínimos y P máximos para modificar los cables de pretensión superiores e inferiores anteriormente diseñados. Para esto se ingresarán los valores obtenidos de los momentos de diseño finales o sea los momentos obtenidos de calcular los estados de carga: muerta, pretensado superior, pretensado inferior y MSP. Estos valores se ingresaron en el programa de Excel y dan como resultado los siguientes P mínimos:

P min Inicial	143.74	576.32	1303.94	2337.04	3691.81	5392.76	7467.57	9945.03	12864.65	16591.99
P min Obtenido	1666.27	3265.28	4882.91	6519.77	8176.60	9853.76	11551.37	13269.38	15829.36	18419.60
P min Corregido	449.73	731.87	1268.82	528.16	4116.40	5779.93	7838.52	10933.81	13923.56	14692.86
Relacion Inicial vs Corregido	menor	menor	mayor	mayor	menor	menor	menor	menor	menor	mayor
Relacion Usado vs corregido	mayor	mayor	mayor	mayor	mayor	mayor	mayor	mayor	mayor	mayor

Tabla 5.6.7. Valores de P mínimos iniciales, obtenidos y corregidos.

De aquí se puede definir que los cables inicialmente diseñados de voladizo son suficientes para soportar el nuevo estado de cargas, esto permite terminar el diseño aquí sin necesidad de modificar los cables. Esto no siempre va a suceder y podrían necesitarse más de una iteración de este mismo proceso hasta encontrar unos valores de P mínimo que satisfagan todos los estados de carga incluyendo los nuevos momentos secundarios de pretensión que se generarán con los cables modificados. Este proceso puede ser muy largo pero siempre puede ser optimizado utilizando tablas de Excel y basando el diseño en apreciaciones visuales de los gráficos de los diagramas de momentos de los diferentes estados de carga.

## 5.7 Diseño de la cimentación del puente

La cimentación del puente en volados sucesivos será la misma que se utilizó en el puente que está actualmente construido sobre la quebrada de Gualo, para la cimentación se utilizaron varios caissons de 2.25 metros de diámetro y algunos caissons de 3 metros de diámetro. En el puente que se está diseñando se considerarán caissons de 3 metros de diámetro y se utilizará sobre ellos una zapata de cimentación que será una sola para cada par de pilares (uno de cada uno de los puentes gemelos), esto se hace con la intención de obtener una superficie más grande y que así la distribución de esfuerzos sea mejor y que estos esfuerzos no sobrepasen los valores máximos calculados por la empresa Geosuelos; empresa encargada de realizar los estudios geotécnicos para la construcción del puente que está actualmente en servicio.

Para el cálculo de la zapata de cimentación se utilizó un programa que se desarrollo durante la clase de cimentaciones en la Universidad San Francisco de Quito. Los datos de cargas ingresados fueron los datos que se obtuvieron del programa SAP2000 y con estos se calculó la zapata de cimentación. Los datos del suelo se obtuvieron del informe realizado por Geosuelos Cía. Ltda. para la empresa Consermin S.A. y que fue gentilmente facilitado para el autor de esta tesis por la empresa Consermin S.A. y en especial por el Gerente General de la compañía. Para el diseño del armado se ha considerado la cantidad necesaria de hierros para que la estructura no falle por flexión, punzonamiento, corte tipo viga, longitud de desarrollo, etc. Además, se ha considerado la cantidad mínima de hierros para evitar daños por cambios de temperatura. Al ser esta una estructura solida de un volumen grande de hormigón es importante considerar la cantidad mínima de hierro recomendada para evitar daños por

cambios de temperatura. Los caissons se construirán a una profundidad de 15 metros y en donde el suelo tiene una resistencia de 400kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, se intentará mantener la carga en no más de 50 kg/cm<sup>2</sup> que fue lo recomendado por la empresa Geosuelos ya que la quebrada presenta signos de inestabilidad en algunos de sus taludes. Los caissons necesarios y la superficie de la cimentación para cada par de pilares se calcularon y sus datos y resultados son presentados a continuación.

Características de la columna		
ancho (cm)	400.000	cm
largo (cm)	490.000	cm
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	210.000	kg/cm <sup>2</sup>
fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4200.000	kg/cm <sup>2</sup>
phi de var (mm)	32.000	mm

CARGAS	
Pcm (ton)	3795.000
Pcv (ton)	200.000
Md (ton.m)	15565.000
MI (ton.m)	300.000

características del suelo		
qa (ton/m <sup>2</sup> )	50.000	ton/m <sup>2</sup>
Df (m)	1.000	m
ys (ton/m <sup>3</sup> )	1.650	ton/m <sup>3</sup>

características del plinto		
yc (ton/m <sup>3</sup> )	2.400	ton/m <sup>3</sup>
phi de var	32.000	mm
rec de horm y	7.500	cm
rec de horm x	7.500	cm

Tabla 5.7.1. Datos de cargas y características de la zapata de cimentación, de la columna y del suelo.

El programa de diseño de zapatas se ha corrido con estos datos y los resultados obtenidos son:

RESULTADOS				
Altura del plinto	3.000 metros			
carga última	211.484 ton/m <sup>2</sup>			
	LONGITUD	AS (cm <sup>2</sup> )	# VARILLAS	ESPACIAMIENTO
Lado B	9.000	959.000	120.000	7.410 cm
Lado L	10.000	872.70000	109.000	9.091 cm

Tabla 5.7.2. Resultados del diseño de la zapata de cimentación.

En el siguiente gráfico se puede observar cómo ha quedado el diseño final de la zapata de cimentación y de los caissons. En la zapata se ha incluido el diafragma que servirá como unión entre cimentación y columnas y entre columnas y viga cajón.

Los planos completos se pueden observar en el Apéndice F, junto con todas las hojas de cálculos del diseño.

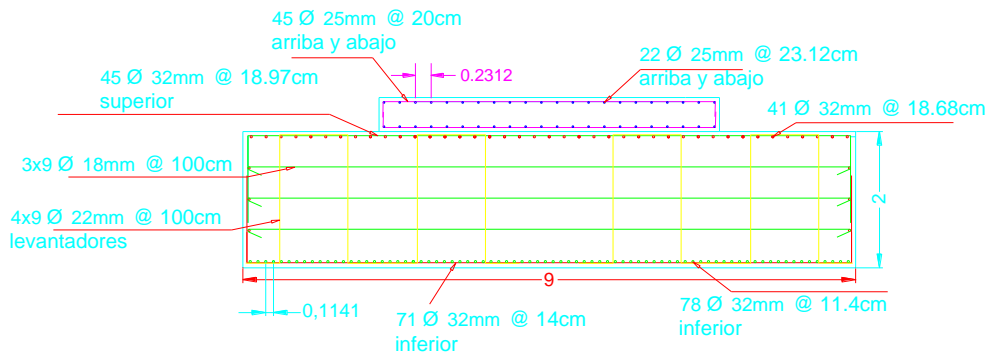


Figura 5.7.1. Armado de la zapata de cimentación.



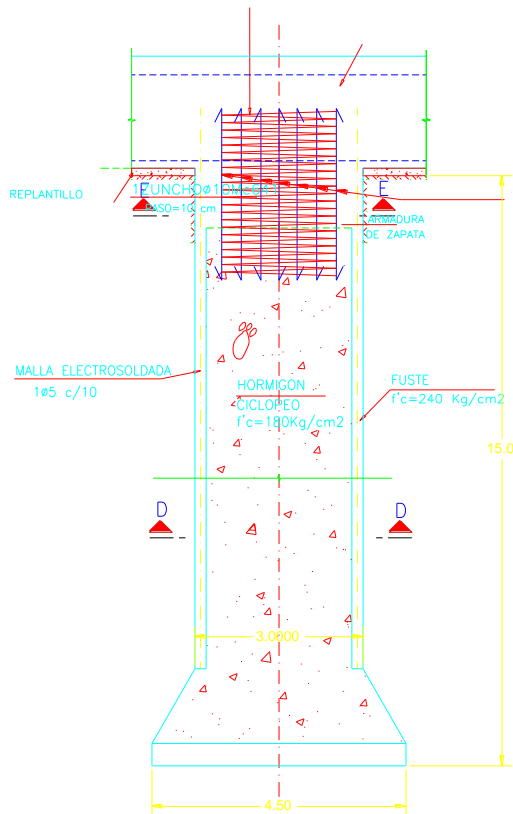


Figura 5.7.2. Armado de los caissons y de la unión con la zapata. (Diseño obtenido de las recomendaciones de la empresa Geosuelos Cía. Ltda. A la empresa Consermin S.A.).

## 5.8 Diseño de los estribos del puente

Los estribos del puente son parte importante de la estructura del puente y estos sirven como apoyo de la superestructura del puente y además funcionan como muro para sostener la tierra que se encuentra atrás de ellos. El diseño de los estribos se realizó siguiendo los pasos de diferentes guías de diseño y de criterios de algunos autores. Los estribos se revisaron como muros para que no fallen por volteo, por deslizamiento ni por capacidad de carga, se analizaron como vigas en volado para el diseño de hormigón armado, como columnas para resistir las fuerzas axiales verticales y como una cimentación para que no falle el suelo bajo

los estribos. Para este diseño se utilizaron procedimientos y fórmulas obtenidas del libro “Fundamentos de ingeniería geotécnica” de Braja M. Das. Y partes de las guías de diseño de Marcelo Romo, ex profesor de la USFQ.

Basándose en el perfil de la quebrada de Gualo, los estribos de la margen izquierda deben tener 8.8 metros y los de la margen derecha deben tener 11.34 metros de altura. Los estribos se diseñaron primero como muros para soportar la carga atrás de ellos y para que no sufran ninguna falla, luego se diseñó el armado de los hierros como una viga en voladizo actuando bajo una carga triangular, como se modela la presión del suelo, y una carga puntual que simularía una fuerza sísmica. Luego, se comprobó su resistencia a carga vertical y luego se diseñó el armado de la zapata del estribo. Estos diseños se realizaron en hojas de Excel y a continuación se presentan los datos y resultados obtenidos.

Diseño de estribos			
propiedades físicas			
$\gamma_c$	2.4	ton/m <sup>3</sup>	suelo de relleno
$\gamma_1$	1.88	ton/m <sup>3</sup>	
$\phi_1$	31.6	°	
c1	0	t/m <sup>2</sup>	
$\gamma_2$	1.53	ton/m <sup>3</sup>	
$\phi_2$	31.6	°	
c2	11	t/m <sup>2</sup>	
q adm	50	ton/m <sup>2</sup>	

Tabla 5.8.1. Propiedades físicas del suelo, del hormigón y del suelo de relleno. Margen izq.

propiedades geométricas			
		recomendado	usado
altura del estribo	H	8.8	8.8
altura de la zapata	hz	0.88	0.8
ancho de la zapata	B	4.4	4.4
ancho de la punta	bp	0.88	1.2
ancho del talón	bt	2.2	2
ancho de la cabeza del estribo	bce	1	1
ancho de la base del espaldar	bbe	1.32	1.2
Pendiente	m	0.053333333	0.03448276
altura del espaldar	he	2.8	3

Tabla 5.8.2. Propiedades geométricas de los elementos del estribo. Margen izq.

Los valores recomendados se obtuvieron del libro de Braja Das, en donde la variable es la altura del estribo y todas las demás dimensiones varían dependiendo de esta. Los valores usados se determinaron después de un par de iteraciones de los cálculos y se obtuvieron esas dimensiones como las más óptimas para satisfacer todas las necesidades y que la estructura no falle. A continuación se presentan las cargas máximas actuantes sobre la estructura y en análisis correspondiente de cada tipo de falla.

Cargas de la estructura y sobre la estructura			
	cargas	cargas mayoradas	unidad
Área concreto	7.65		m <sup>2</sup>
Volumen	107.1		m <sup>3</sup>
Peso	257.04		ton
peso puente	282	352.5	ton
carga viva	52.825	92.44	ton
Carga muerta	539.04	673.80	ton
Momento máx.	58.85	73.56	ton-m

Carga Vertical		766.24	ton
Carga Vertical por metro		54.73	ton/m
Reacción máx. lateral		103	ton
Reacción máx. lateral x metro		7.36	ton7m
Presión máxima equivalente del suelo sobre la estructura aplicada a un tercio de la altura desde la base del estribo.		22.737	ton

Tabla 5.8.3. Cargas que debe resistir la estructura.

Las cargas se han obtenido del cálculo del volumen del estribo como tal, de la altura del mismo para calcular la presión del suelo y las otras cargas se han obtenido del análisis realizado en el SAP 2000 de todo el puente considerando todo lo que en capítulos anteriores se ha ido diseñando. No está por más indicar que a la fuerza actuante del terreno se le ha sumado la fuerza que generaría un sismo en la dirección longitudinal del puente. Esto se ha hecho para obtener una estructura que no falle ni en caso de un sismo de gran magnitud.

## Revisión al volteo del estribo

sección	Área	Peso	brazo	momento
1	0.9	2.16	2.68	5.7888
2	5	12	2.33	27.96
3	1.75	4.2	1.5966667	6.706
4	3.52	8.448	2.835	23.95008
5	17.6	33.088	4.25	140.624
subtotal	$\Sigma Fv$	59.896	$\Sigma Mc$	205.02888
	peso de puente	54.73	1.8	98.514
total	$\Sigma Fv$	114.626	$\Sigma Mc$	303.54288

Ka	0.312348095
Pa	30.09408512

Fs(volteo)	3.44
ES ESTABLE AL VOLTEO	

## Revisión al deslizamiento

$\phi_2$	31.6	°
c2	11	t/m2
B	4.4	M
$\Sigma Fv$	114.626	ton

Fs(deslizamiento)	2.69	ES ESTABLE AL DESLIZAMIENTO
-------------------	------	-----------------------------

R'	80.83588855	ton/m2
Pa	30.09408512	ton/m2

## Revisión de falla por capacidad de carga

$\Sigma Fv$	114.626	Ton
-------------	---------	-----

$\Sigma Mc$	303.54288	ton-m
-------------	-----------	-------

Pa	30.09408512	Ton
R	118.5106486	Ton
ANGULO	75.28947016	°
H	8.8	M
B	4.4	M
$\gamma_2$	1.53	ton/m <sup>3</sup>
$\phi_2$	31.6	°
c <sub>2</sub>	11	ton/m <sup>2</sup>
B'	3.755987245	M

factores de capacidad de carga		
$\phi$	N <sub>c</sub>	N <sub><math>\gamma</math></sub>
31	32.67	25.99
32	35.49	30.22
31.6	34.362	28.528

$\Sigma Mo$	88.275983	ton-m
-------------	-----------	-------

M neto	215.2669	ton-m
dist CE	1.8779936	m
e	0.3220064	m

qu max	37.490507	ton/m <sup>2</sup>
qu	287.93372	ton/m <sup>2</sup>

Factores	
fcd	1
f <sub>yd</sub>	1
$\psi$	14.71053
f <sub><math>\gamma</math>i</sub>	0.2856656
f <sub>ci</sub>	0.6998153

Fs(cap carga)	7.68	ES ESTABLE POR CAPACIDAD DE CARGA
---------------	------	-----------------------------------

Tabla 5.8.4. Revisión de la estructura a cualquiera de las fallas posibles.

La estructura tiene un factor de seguridad muy alto en cuando a la estabilidad por capacidad de carga, sin embargo, la estructura es óptima para estabilidad por volteo y por deslizamiento por lo que la estructura se mantiene como se ha indicado. Estos cálculos permiten definir la geometría de la estructura y con esto se puede proceder a realizar el diseño del armado de los hierros de la zapata y del resto del estribo.

El estribo se ha diseñado como una viga trabajando en voladizo y a la cual se le ha sometido a carga lateral que representa la presión que ejercerá la tierra y una fuerza que representa la fuerza que generaría un sismo de gran magnitud. El diseño se ha hecho siguiendo una serie de iteraciones hasta encontrar la cantidad de hierros mínima que satisfaga todas las necesidades pero que se encuentre dentro de un rango permisible de diseño.

dist x	peralte	d	beta 1	a	Mn	Mu	M requerido	
0	1.2	1.105	0.85	0.07	136.66	122.99	117	satisface
0.5	1.18	1.085	0.85	0.07	134.11	120.7	98	satisface
1	1.16	1.065	0.85	0.07	131.55	118.4	83	satisface
1.5	1.14	1.045	0.85	0.07	129	116.1	68	satisface
2	1.12	1.025	0.85	0.07	126.44	113.8	54.7	satisface
2.5	1.1	1.005	0.85	0.07	123.89	111.5	43	satisface
3	1.08	0.985	0.85	0.07	121.34	109.21	32.3	satisface
3.5	1.06	0.965	0.85	0.07	118.78	106.9	22.8	satisface
4	1.04	0.945	0.85	0.07	116.23	104.61	14.4	satisface
4.5	1.02	0.925	0.85	0.07	113.67	102.3	6.8	satisface
5	1	0.905	0.85	0.07	111.12	100.01	0	satisface

Tabla 5.8.5. Momentos requeridos y momentos últimos soportantes por la viga en volado.

Esto se ha logrado utilizando:

F'c	2100	ton/m2
Fy	42000	ton/m2
B	1	m
As	30.41	cm2
As metros	0.00304	m2

Av (estribos)	3.07876	cm2
	0.00031	m2
espaciamiento	0.51	M
varillas	8.4902	10
espaciamiento	0.47	M

phi varilla	2.2	cm
Área	3.801327	cm2
# varilla	8	u
phi estribo	1.4	cm
rec x	7	cm
rec y	7	cm
rec z	6	cm
espaciamiento	9.37	cm
H-d	9.5	cm
altura estribo	8.8	cm

Tabla 5.8.6. Tabla de datos y resultados del diseño de hormigón armado del estribo que funciona como una viga en volado. Margen izquierda.

De aquí se tiene que para resistir los momentos solicitados se necesitan 8 varillas de 22 mm en el lado de las tensiones, sin embargo, esta cantidad de acero es menor que la mínima recomendada ya que la cantidad de hormigón es muy grande. Por esta razón se ha calculado el  $A_s$  mínimo y se le ha restado del  $A_s$  utilizado para soportar los momentos. Esta resta da como resultado que se necesitan 6 varillas más de 12 mm, sin embargo, se colocarán dos filas de varillas y cada fila tendrá 7 varillas. Las 6 varillas calculadas son demasiado escasas para controlar los problemas de variación de temperatura. Estos cálculos se realizan considerando un estribo de un metro de longitud y que simplemente debe multiplicarse la cantidad de varillas por la cantidad de metros del estribo. En este caso la longitud total del estribo es 14 metros. Con estas varillas se evita que el hormigón sufra daños por retracción de fraguado o por cambios de temperatura. Ahora se analiza la sección rectangular bajo la cual se apoyará el extremo del puente y se calculará su resistencia a carga axial. La carga axial que cada metro de estribo recibirá es de 53 toneladas aproximadamente y la resistencia a compresión calculada del estribo es de 1091 toneladas por cada metro. Esto satisface sin problema los requerimientos de carga vertical de la estructura.

La carga axial resistente la calculamos como:

$$P_u = \phi((0.85 * A_g * f'_c) + (f_y * A_s))$$

$$P_u = 0.70((0.85 * (100 * 70) * 210) + (4200 * 73,67))$$

$$P_u = 1091.2 \text{ ton}$$

Ahora para los estribos de la margen derecha del puente se ha realizado exactamente el mismo análisis con las mismas cargas sobre ellos, pero la diferencia es que la altura de los



estribos de la margen derecha es mucho mayor ya que en esa zona se tuvo que excavar hasta llegar a suelo bueno para poder cimentar. En los estribos de la margen izquierda la altura era de 8.8 metros, en los estribos de la margen derecha la altura de los estribos debe ser de 11.34 metros. 2 metros y 54 centímetros más altos que los otros. Esto genera una mayor presión del suelo, una longitud más larga que la “viga en volado” debe soportar, y por ende la geometría del estribo debe ser más grande. Los cálculos y resultados se presentan a continuación:

Diseño de estribos			
propiedades físicas			
$\gamma_c$	2.4	ton/m <sup>3</sup>	suelo de relleno
$\gamma_1$	1.88	ton/m <sup>3</sup>	
$\phi_1$	31.6	°	
$c_1$	0	t/m <sup>2</sup>	
$\gamma_2$	1.53	ton/m <sup>3</sup>	
$\phi_2$	31.6	°	
$c_2$	11	t/m <sup>2</sup>	
$q_{adm}$	50	ton/m <sup>2</sup>	

Tabla 5.8.7. Propiedades físicas del estribo de la margen derecha del puente.

propiedades geométricas			
		Recomendado	usado
altura del estribo	H	11.34	11.34
altura de la zapata	hz	1.134	1.1
ancho de la zapata	B	5.67	7
ancho de la punta	bp	1.134	2
ancho del talon	bt	2.835	3.5
ancho de la cabeza del estribo	bce	1	1
ancho de la base del espaldar	bbe	1.701	1.5
Pendiente	m	0.0821	0.0600
altura del espaldar	he	2.8	3

Tabla 5.8.8. Propiedades geométricas del estribo de la margen derecha.

Las cargas que se utilizarán sobre este estribo para su diseño son las mismas que para el estribo de la margen izquierda pero los valores son mayores ya que la altura del estribo es mayor, el peso propio de la estructura es mayor y así mismo la presión lateral del suelo.

Cargas de la estructura y sobre la estructura			
	cargas	cargas mayoradas	unidad
Área concreto	10.674		m2
Volumen	149.436		m3
peso	358.6464		ton
peso puente	282	352.5	ton
carga viva	52.825	92.44	ton
Carga muerta	640.6464	800.81	ton
Momento máx.	58.85	73.56	ton-m
Carga Vertical		893.25	ton
Carga Vertical por metro		63.80	ton/m
Reacción máx. lateral		103	ton
Reacción máx. lateral x metro		7.36	Ton/m
Presión máxima equivalente del suelo sobre la estructura aplicada a un tercio de la altura desde la base del estribo.		37.757	ton

Tabla 5.8.9. Cargas actuantes sobre los estribos de la margen derecha de la quebrada.

Revisión al volteo del estribo

Sección	Área	Peso	Brazo	momento
1	0.9	2.16	2.68	5.7888
2	7.24	17.376	2.33	40.48608
3	2.534	6.0816	1.59666667	9.710288
4	7.7	18.48	2.835	52.3908
5	39.69	74.6172	4.25	317.1231
Subtotal	$\Sigma Fv$	118.71	$\Sigma Mc$	425.50
	peso de puente	63.80	2.23	142.28224
Total	$\Sigma Fv$	182.52	$\Sigma Mc$	567.78

Ka	0.312348095
Pa	45.11373806

Fs(volteo)	3.33
ES ESTABLE AL VOLTEO	

Revisión al deslizamiento

$\phi_2$	31.6	°
c2	11	t/m2
B	5.67	M
$\Sigma Fv$	182.5184964	ton

Fs(deslizamiento)	2.53	ES ESTABLE AL DESLIZAMIENTO
-------------------	------	-----------------------------

R'	114.0175286	ton/m2
Pa	45.11373806	ton/m2

Revisión de falla por capacidad de carga

$\Sigma Fv$	182.5184964	Ton
-------------	-------------	-----

$\Sigma Mc$	567.78131	ton-m
-------------	-----------	-------

Pa	45.11373806	Ton
R	188.0113052	Ton
ANGULO	76.11627713	°
H	11.34	M
B	5.67	M
$\gamma_2$	1.53	ton/m <sup>3</sup>
$\phi_2$	31.6	°
c <sub>2</sub>	11	ton/m <sup>2</sup>
B'	4.352998616	M

factores de capacidad de carga		
$\phi$	N <sub>c</sub>	N <sub><math>\gamma</math></sub>
31	32.67	25.99
32	35.49	30.22
31.6	34.362	28.528

$\Sigma M_o$	170.52993	ton-m
--------------	-----------	-------

M neto	397.25138	ton-m
dist CE	2.1764993	m
E	0.6585007	m

qu max	54.621191	ton/m <sup>2</sup>
qu	300.21937	ton/m <sup>2</sup>

factores	
F <sub>cd</sub>	1
F <sub><math>\gamma</math>d</sub>	1
$\Psi$	13.883723
F <sub><math>\gamma</math>i</sub>	0.3143191
F <sub>ci</sub>	0.7152701

F <sub>s</sub> (cap carga)	5.5	ES ESTABLE POR CAPACIDAD DE CARGA
----------------------------	-----	-----------------------------------

Tabla 5.8.10. Revisión de la estructura para cualquier tipo de falla.

En este estribo los factores de seguridad son un poco menores que para los estribos de la margen izquierda, pero están sobre lo necesario. Definida la geometría del estribo se procede a realizar el diseño de hormigón armado.

dist x	peralte	d	beta	A	Mn	Mu	M requerido	
0	1.7	1.64	0.85	0.09	263.07	236.76	230	satisface
1	1.61	1.55	0.85	0.09	248.23	223.41	177	satisface
2	1.51	1.45	0.85	0.09	231.73	208.56	132	satisface
3	1.42	1.36	0.85	0.09	216.89	195.2	95.5	satisface
4	1.32	1.26	0.85	0.09	200.39	180.35	65.3	satisface
5	1.23	1.17	0.85	0.09	185.55	167	41	satisface
6	1.13	1.07	0.85	0.09	169.06	152.15	21.3	satisface
7	1.04	0.98	0.85	0.09	154.21	138.79	5.56	satisface
7.41	1	0.94	0.85	0.09	147.62	132.86	0	satisface

Tabla 5.8.11. Momentos resistentes y momentos a resistir del estribo de la margen derecha.

F'c	2100	ton/m2
fy	42000	ton/m2
b	1	m
As	39.27	cm2
As metros	0.0039	m2

Av (estribos)	3.0788	cm2
	0.0003	m2
espaciamiento	0.51	m
varillas	14.392	15
espaciamiento	0.48	m

phi varilla	2.5	cm
área	4.908739	cm2
# varilla	8	u
phi estribo	1.4	cm
rec x	7	cm
rec y	7	cm
rec z	6	cm
espaciamiento	9.03	cm
H-d	9.65	cm
altura estribo	0	cm

Tabla 5.8.12. Tabla de datos y resultados del diseño de hormigón armado del estribo que funciona como una viga en volado. Margen derecha.

De aquí se sabe que se necesitan 8 varillas de 25 mm para resistir los momentos flectores y se utilizarán dos filas de 7 varillas cada una para que la estructura no se vea afectada por cambios de temperatura. El diseño a cortante de los estribos se ha realizado y se obtuvo que es necesario un armado normal para cada metro con estribos cada 48 cm para que los cortantes puedan ser resistidos, Este armado se hará para los estribos de la margen izquierda y derecha. A continuación se presenta un gráfico de cómo quedará el armado de los

estribos. Las Tablas de Excel con todos los cálculos y los planos del diseño se encuentran en el Anexo G.

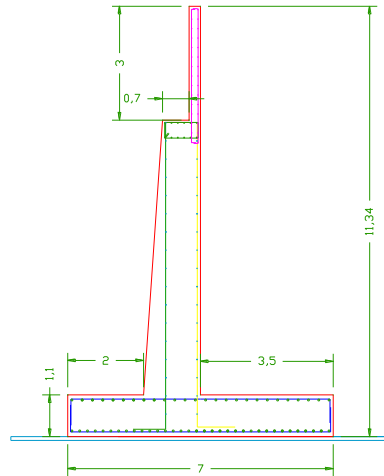


Figura 5.8.1. Dimensiones y armado de hierros de los estribos de la margen derecha.

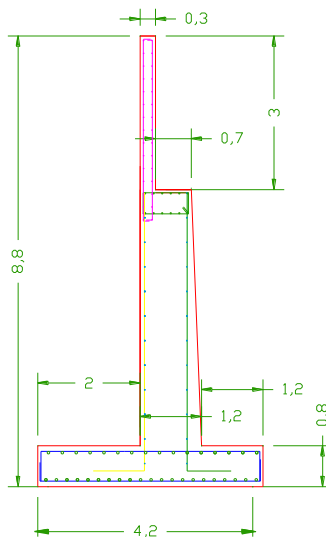


Figura 5.8.2. Dimensiones y armado de hierros de los estribos de la margen izquierda.

## **6. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN VOLADOS SUCESIVOS SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO**

### **6.1 Descripción general del proceso constructivo**

El puente que se diseñó en esta tesis es un puente de hormigón pretensado que se construirá por el método de los volados sucesivos, esto quiere decir que primero se fundirán las cimentaciones; luego los pilares, sobre cada pilar se conformará un diafragma y sobre este se construirá la dovela “cero” para cada pilar. Desde esta dovela llamada la dovela cero se empezará con el armado y fundido de las siguientes dovelas con la ayuda de un sistema auto-deslizante de encofrado metálico que se sujetará en primera instancia de la dovela “cero” y de toda la estructura de la pila que está bajo ella. Estos sistemas de encofrado auto-deslizante o también llamados auto-soportantes se equilibran, por lo general, con su estructura simétrica hacia cada uno de los lados hacia donde el puente irá creciendo.

En este caso el puente es un puente de 200 metros de longitud, que utilizará 2 pilares equidistantes desde su estribo correspondiente del puente, por lo que se tendrá una estructura simétrica con tres vanos o tramos, de los cuales los dos de los lados tendrán 51 metros de luz, y el vano central tendrá una luz total de 98 metros. Esto permite tener una estructura perfectamente simétrica la cual después de los cálculos realizados se puede asegurar que se equilibra perfectamente, sin la necesidad de utilizar contrapesos en los estribos.

Desde la dovela “cero” y con el sistema de encofrado ya instalado se comienza un proceso muy rápido en donde se calcula construir una dovela por semana. En este puente las dovelas tienen una longitud de cinco metros, con la excepción de tres dovelas que serán

solamente de cuatro metros. Estas tres dovelas son: la dovela de cierre y las dovelas de los extremos, para cada uno de los puentes gemelos. Con el encofrado listo se comienza la construcción, se arman los hierros de la dovela “1” y de la dovela “ 1’ ” luego de armados los hierros se procede a instalar las tuberías por donde pasarán los cables de pretensado, por la parte superior de la estructura pasarán los cables de pretensado principales que son los que garantizan el funcionamiento de la estructura en volados sucesivos. Por la parte inferior de la estructura se colocan las tuberías por donde pasarán los cables de continuidad de la estructura, que son los que garantizan el funcionamiento de la estructura como estructura hiperestática, o en otros términos, que harán que el puente funcione como una viga continua.

Con los hierros armados y las tuberías listas en su posición final, bien sujetadas y taponadas para garantizar su limpieza interior, se procede con el vaciado del hormigón sobre el encofrado. El hormigonado debe irse haciendo cuidadosamente utilizando vibradores para asegurar su homogeneidad, se debe vibrar cada capa de hormigón que no deberán tener más de 20 cm entre cada vibrada. Para garantizar el buen uso de los vibradores, se ha diseñado el armado de los hierros considerando espaciamientos suficientes para que la cabeza del vibrador entre en todos los espacios de cada dovela. Debe cuidarse también la temperatura del hormigón durante su endurecimiento ya que la temperatura no debe ser muy elevada para su buen fraguado. Es de suma importancia que se le dé un curado cuidadoso durante todo el período de fraguado ya que esto podría significar graves problemas a posteriori.

En los puentes en volados sucesivos la mezcla de hormigón debe ser diseñada cuidadosamente y probada antes de usarla, se deben conocer de excelente manera todas sus propiedades. De esto dependerá la continuidad del proyecto, el cronograma establecido y por



ende los costos del proyecto. El hormigón ya fundido debe dejarse endurecer y fraguar hasta que este haya llegado a obtener una resistencia, de por lo menos, el 70% de su resistencia final a los 28 días. Esto quiere decir que para este caso en particular, que se ha diseñado con un hormigón de  $420 \text{ kg/cm}^2$  ( $4.2\text{MPa}$ ), se debe esperar hasta que el hormigón tenga una resistencia de por lo menos  $280 \text{ kg/cm}^2$  ( $2.8\text{MPa}$ ) para poder cruzar los cables de pretensión y tensarlos. Para todo este proceso se calcula un período de aproximadamente una semana. Cada par de dovelas se tensan entre sí, en el extremo de la una se instalan los anclajes, en el extremo de la otra se colocan las mordazas y delante de ellas se colocan los gatos hidráulicos con manómetros y deformímetros para saber con qué fuerza se está tensando los cables y para saber, considerando las propiedades del acero de los cables y sus diámetros, la distancia que debe estirarse el cable para lograr incluir sobre cada dovela la fuerza de pretensión que se ha calculado incluyendo el porcentaje de tensión que se pierde durante los años de servicio.

Asegurados los cables se procede a rellenar los ductos con un mortero de hormigón, que debe hacerse con mucho cuidado y precisión ya que esto garantiza el buen estado de los cables para toda la vida. En este proceso es donde se puede provocar el fallo del puente o el éxito del mismo. Finalizado este proceso se procede a retirar el sistema de encofrado, a movilizarlo para el siguiente par de dovelas y a configurarlo para darle a cada dovela la variación diseñada en cuanto a peralte total y peralte de la losa inferior de la viga cajón. En este caso en particular, la sección del puente varía de 5.5 metros en los pilares hasta 2.8 metros en el medio y extremos del puente. Lograda la configuración del encofrado según el diseño, se repite el proceso nuevamente empezando por el armado de los hierros de cada dovela.

Puede trabajarse simultáneamente desde cada pilar, en este caso tenemos dos pilares para cada puente y el proyecto total abarca dos puentes gemelos, uno al lado del otro. Se tendrían dos frentes de trabajo lo que reduciría el tiempo de construcción, pero aumenta el costo de tener otro sistema de encofrado móvil. Aquí debe estudiarse la opción más óptima. En este caso puede tenerse un frente de trabajo más que sería el de la construcción de los estribos, muros y muros de ala necesarios. Para la construcción de los estribos es importante considerar la unión entre la zapata y el muro del estribo, hay que considerar la forma de la sección transversal del puente, donde se apoyará la mayor carga y donde deben instalarse placas de neopreno, trabas antisísmicas y juntas de expansión y contracción. Todo esto debe construirse con extrema precisión según lo que esté indicado en los planos.

Con los estribos listos y las dovelas del puente casi terminadas se continúa con la construcción de las dovelas de los extremos las cuales se apoyarán sobre los estribos y se asegurará su colocación sobre las placas de neopreno y su sujeción en las trabas antisísmicas. Construidas estas dovelas se procede a construir la dovela final o dovela de cierre la cual debe ser construida a la perfección para asegurar la continuidad del puente y el funcionamiento de la estructura tal cual fue diseñada, calculada y analizada. Fundida la dovela de cierre se comienza con la colocación y tensión de los cables de continuidad que se ubican en la parte inferior de cada dovela. Estos cables generan fuerzas que a su vez generan momentos que contrarrestan los momentos secundarios de pretensión que fueron generados por los cables superiores.

Se finaliza la tensión de los cables de continuidad y la estructura del puente está finalizada, desde este punto se empieza la construcción de los acabados del puente como son

veredas, pasamanos, capa de rodadura, juntas y pintura de señalización. El puente está listo para su uso.

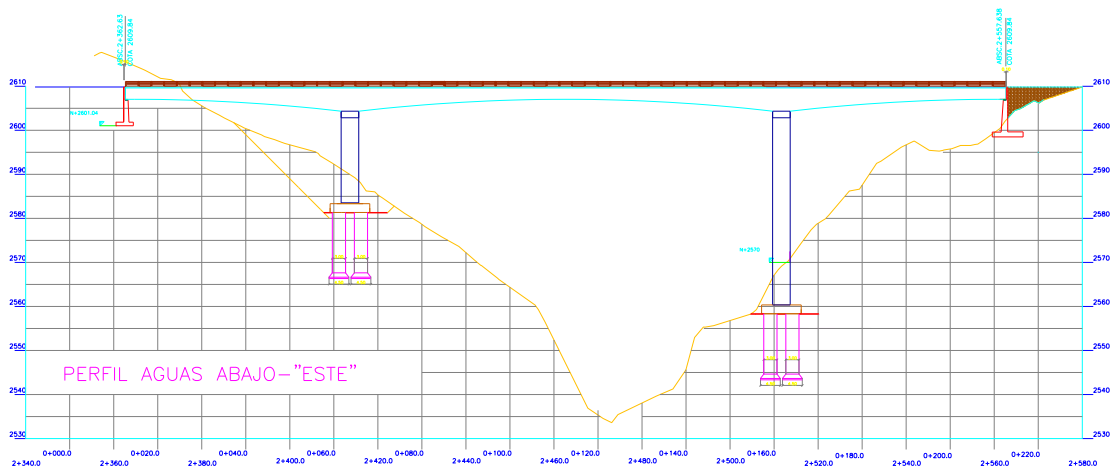


Figura 6.1.1. Geometría final del puente de hormigón pretensado en volados sucesivos.

## 6.2 Construcción de cimentaciones

En este diseño las cimentaciones para los pilares serán Caissons de 15 metros de profundidad y 3 m de diámetro que tendrán una mezcla de hormigón ciclópeo y hormigón armado en su estructura para abaratar costos. Estos Caissons son los mismos que se construyeron para la cimentación del puente existente ya que estos fueron recomendados por la compañía Geosuelos, que fue la encargada de los estudios geotécnicos. La empresa determinó que la mejor solución, debido a la configuración de los suelos de la zona y de la estabilidad de la quebrada de Gualo, son los Caissons y en sus estudios indican la profundidad y diámetro que deben tener para obtener la resistencia necesaria de soporte para el peso total

de la estructura. Hechos los cálculos se puede apreciar que estos sirven también para el puente que fue diseñado en este trabajo.

Para la estructura de los Caissons se debe excavar hasta llegar a la profundidad deseada, en el fondo debe conformarse una base con las dimensiones especificadas en los planos, en esta base se construirá el talón del caisson. Cuando está lista la excavación se coloca un replantillo de hormigón de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$  y en un espesor de 10 cm. Se deja endurecer y se continúa con el armado del encofrado para conformar el talón del caisson, se arman los hierros de la estructura del caisson y se procede a la fundición monolítica del talón y columna del caisson. El caisson tendrá en el centro de la columna simplemente hormigón ciclópeo. Conformados los caissons sobre ellos debe construirse la zapata desde donde se construirá la columna. Los caissons después de endurecidos son tapados por el suelo excavado y en su extremo superior debe conformarse una terraza plana en donde se construirá la zapata de cimentación. En la terraza puede colocarse un replantillo en las partes donde no están los caissons. Se debe dejar toda la superficie al mismo nivel para asegurar una distribución de esfuerzos igual sobre los caissons.

La zapata sirve como un distribuidor de esfuerzos ya que toma toda la carga de la columna y la traspasa hacia los caissons los mismos que pasan esta carga hacia el suelo. El armado de la zapata debe hacerse considerando las fuerzas axiales y los momentos que se generan en la columna por los efectos del puente. La superestructura del puente estará restringida para que solamente pueda moverse en la dirección longitudinal del mismo, esto se logrará poniendo trabas antisísmicas y soportes laterales en los estribos del puente, además

para reducir los movimientos transversales del puente se construirán unas vigas soporte entre los pilares que soportan a uno y a otro de los puentes gemelos.

La zapata se construirá armando los hierros dejando una estructura rectangular, simétricamente distribuida sobre los caissons con una superficie 0.5 metros mayor hacia cada lado del tamaño de la columna y por ende 0.5 metros hacia los lados externos de cada caisson. La zapata se arma colocando los hierros inferiores y amarrándolos con los hierros salientes de los caissons, luego se arman los estribos de los hierros para poder terminar colocando los hierros superiores de la zapata. Con los hierros de la zapata armados se empieza el armado de los hierros de la columna, que en este caso es una columna rectangular hueca. Al ser una columna hueca debe considerarse que la zapata debe funcionar primero como diafragma y luego como zapata para que esta tenga una distribución de esfuerzos buena y no falle por punzonamiento en la base de la columna. Los hierros de la columna deben doblarse dentro de lo que constituirá el diafragma antes de la zapata. Estas tres estructuras deben fundirse monolíticamente para obtener un empotramiento perfecto y una gran rigidez.

Las columnas tienen como dimensiones 4 metros de largo en la dirección longitudinal del puente, y 4.90 metros de ancho en el sentido transversal del puente. La columna es hueca y el espesor de sus paredes es de 40 cm. Se colocarán varillas de 32 mm cada 10.5 cm a distancias de 6.5 cm de los lados exteriores e interiores de las columnas. Las columnas o pilares tendrán estribos de 25 mm cada 50 cm que servirán más como un soporte para el armado de las varillas longitudinales, que como refuerzo estructural contra el cortante ya que el cortante es muy pequeño y es más que soportado por el hormigón solo.

Con el armado de hierros de la zapata, del diafragma y de la base de la columna, listos, se empieza a construir el encofrado de la zapata. Esto se hace con madera y con un buen carpintero ya que al ser una estructura de forma geométrica sencilla no es complicada la conformación del encofrado. Terminada la construcción del encofrado se puede empezar a verter el hormigón y a vibrarlo para obtener un buen hormigonado, debe hacerse en capas de 20 o 25 cm como mucho para evitar que se formen burbujas de aire en el hormigón lo que posteriormente podría generar una fractura o una fisura en el mismo.

### 6.3 Construcción de estribos

Los estribos son las estructuras que se construyen en los extremos de los puentes y en donde se soporta parcialmente la superestructura del puente. Estas estructuras tienen la particularidad que además de soportar carga por el peso propio del puente deben soportar carga por el peso del suelo que se encuentra al otro lado del puente, por lo que el estribo funciona como muro y como una especie de pila o columna. El estribo además debe considerarse como muy importante ya que sobre él o en él se colocan los sistemas de sismo-resistencia, ya que en los últimos años se han dejado de construir puentes que tengan sistemas sismo-resistentes en sus pilares. Los estribos en este caso tendrán una zapata rectangular de 5.50 m de ancho, 14 metros de largo y peralte de 1.2 metros en el margen derecho, y tendrán, en el margen izquierdo, una zapata de 4.4 metros de ancho, 14 de largo y un peralte de 0.8 metros. El estribo tendrá en su parte superior la forma de la sección transversal de la viga cajón del puente, ya que toda esta estructura se apoyará sobre el estribo. La parte inferior de la viga se apoyará sobre placas de neopreno de cierta dureza que le permitirá desplazarse

longitudinalmente en caso de ser necesario, ya sea por eventos sísmicos, cambios importantes de temperatura o fuerzas de frenado o impacto importantes. Los estribos viéndolos de frente se verán como la figura siguiente:

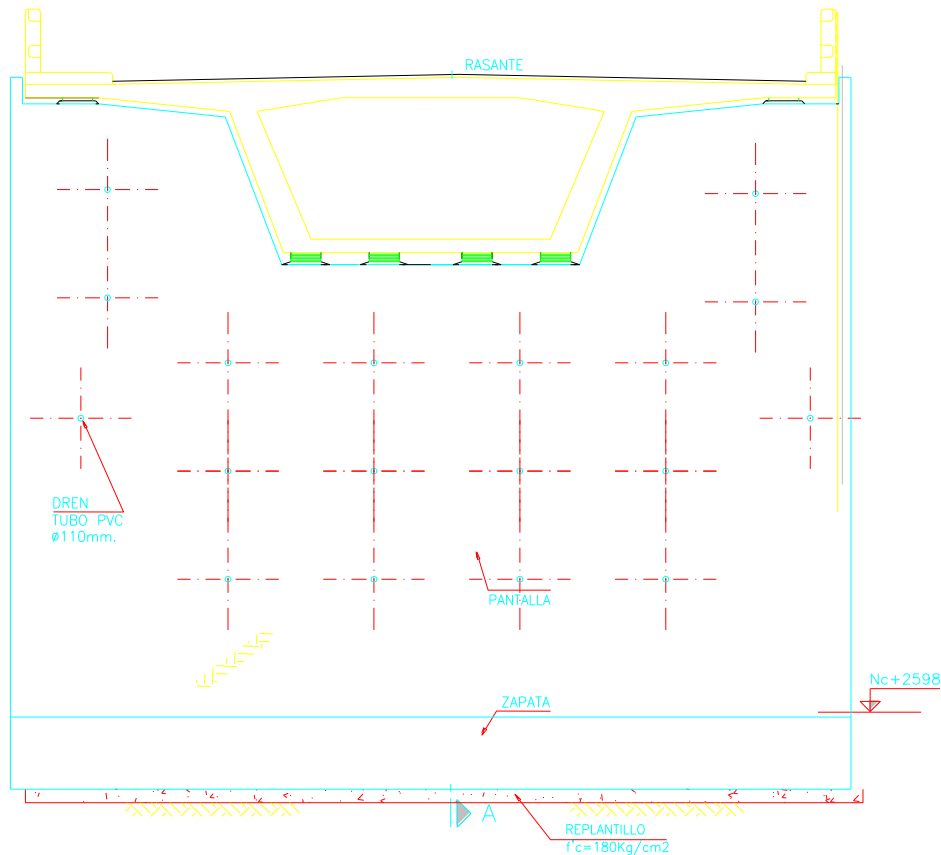


Figura 6.3.1. Geometría final de los estribos.

Para la construcción del estribo primero debe conformarse la superficie en donde se construirá la zapata del estribo. En este caso en particular se la construirá a 11.34 metros desde la cota del puente, para los estribos en la margen izquierda del río (viendo aguas abajo). Y se construirán a 8.80 metros en la margen derecha. Esto se ha decidido así ya que los estudios

geotécnicos han demostrado q a esas profundidades la capacidad resistente admisible del suelo es suficiente para soportar la carga del puente. Conformada la superficie en el terreno se coloca un replantillo de hormigón de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$  de 5 cm de espesor. Sobre éste se empezarán a armar los hierros longitudinales de la zapata utilizando para su buena colocación, las llamadas galletas de mortero. Estas galletas o piezas construidas de mortero de cemento, sirven para colocar las varillas a la altura deseada, considerando un recubrimiento, para este caso, de 6 cm.

Se irán colocando los hierros longitudinales junto con los estribos y se los amarra para que no se muevan de su posición ideal. Colocadas las varillas inferiores y los estribos, se empieza a amarrar las varillas superiores. En esta etapa se debe empezar a armar el encofrado de la zapata y se debe terminar con el armado de los hierros de la parte superior del estribo que es conformado por el espaldar y la cabeza del mismo. El espesor del muro será 1.7 metros en la base (en estribo de margen derecha), considerando los 30 cm de espesor del espaldar. Para el estribo de la margen izquierda el espesor del muro será de 1.2 metros. La viga cajón podrá apoyarse sobre 55 cm de largo sobre placas de neopreno de 10 cm de espesor. Se colocarán 5 placas de neopreno de 55 x 55 cm en los 4.90 metros donde la mayor parte del peso de la estructura estará soportado y se colocará una placa de neopreno de 55 cm en cada sección inclinada y una más en cada sección plana superior.

El estribo debe soportar algunas cargas que son: peso propio de la estructura, peso parcial del puente, momento producido por la presión lateral del suelo que empuja al muro del estribo, carga de los vehículos que entran o salen del puente. Todas estas combinaciones de carga nos producen cargas grandes y por eso es que las dimensiones del estribo son muy



grandes. El estribo como tal funciona como una viga en volado que debe soportar una carga distribuida triangular producida por el peso del suelo detrás de él. Además, debe funcionar como una columna para soportar las cargas verticales del peso del puente y de los vehículos que utilizarán el puente. Aparte de esto el estribo debe estar diseñado para que no falle por deslizamiento, es decir, que no se desplace por el empuje del suelo en su costado, debe revisarse que no falle por volcamiento y que además no falle por capacidad de carga. Todo esto se revisó para realizar el diseño y se obtuvieron esas dimensiones. La zapata, el espaldar y el muro como tal deben fundirse monolíticamente, entonces después de armada la zapata se debe empezar el armado del encofrado del muro, el armado de los hierros del muro y posteriormente debe fundirse el hormigón siempre utilizando vibradores para obtener buenos resultados en la fundición y posterior fraguado del mismo.

Al estribo se le dará la forma que se mostró en la figura anterior, ya que así las paredes laterales del muro funcionarán como trabas antisísmicas para evitar que en algún evento sísmico, el puente pueda moverse en sentido transversal, lo que podría generar momentos muy considerables. Haciendo esto, reducimos los desplazamientos posibles de la superestructura del puente a tan solo desplazamientos longitudinales que se controlan mediante las placas de neopreno, las juntas de dilatación, trabas antisísmicas longitudinales y la gran rigidez de los pilares. Con el hormigón fundido se empieza a formar las camas donde se asentarán las placas de neopreno, que posteriormente recibirán el peso de una parte de la superestructura y la distribuirán hacia todo el estribo, el cual distribuye esa carga en la zapata y ésta, finalmente, pasa esta carga hacia el suelo debajo de ella.

Durante la construcción del estribo se debe cuidar que la cota, de la viga cabezal o cabeza del estribo, esté en donde debería estar según los planos, ya que con esto se tiene que ir regulando que las deformaciones de la viga en volado y la contra-flecha que se le da a la superestructura, sean tales que el puente llegue a posarse sobre las placas de neopreno perfectamente. Las trabas antisísmicas longitudinales se conformarán construyendo unas pequeñas salientes a los dos lados de la parte inferior de la viga cajón que se apoyará sobre los estribos. Estas salientes entrarán en unas cavidades conformadas en el estribo y que evitarán que el desplazamiento longitudinal sea mayor a los 7.5 centímetros permisibles de los apoyos de neopreno. En caso de que este desplazamiento sea mayor, las trabas antisísmicas evitarán que la viga cajón quede suspendida en el aire provocando fallas en el puente.

Las salientes construidas en la viga cajón se construirán en un ancho de 30 centímetros y una altura de 50 centímetros hacia cada lado de la base de la viga cajón. Sobre el estribo la traba se construirá a 10 centímetros de la saliente de la viga y esta traba antisísmica se construirá después de que finalice el asentamiento de la viga sobre el estribo y sobre las placas de neopreno.

#### **6.4 Construcción de Pilas**

La construcción de las pilas empieza después de terminada la construcción y endurecimiento de la zapata para asegurar que esta tenga una buena resistencia antes de empezar a cargarla con el peso de la pila sobre ella. En este diseño se han considerado pilas rectangulares huecas con las siguientes dimensiones: largo: 4 metros (dirección longitudinal del puente), ancho: 4.90 metros (dirección transversal al puente), espesor de paredes: 0.40 metros. Las pilas del margen derecho de la quebrada (viendo aguas arriba) tendrán 44 metros

de altura y dos vigas riostras en sus dos tercios medios que irán en el sentido longitudinal del puente. Las pilas en la margen izquierda de la quebrada tendrán 22 metros de altura y tendrán solamente una viga riostra a la mitad de la pila. Las dos pilas gemelas de cada margen de la quebrada se unirán mediante dos vigas de arriostramiento para darle a la estructura una mayor rigidez en sentido transversal al puente, lo que nos garantizará que el puente solo tenga desplazamientos longitudinales. En la parte inferior y superior de las pilas se construirán diafragmas que distribuirán las cargas de mejor manera que si se lo haría directamente a la zapata o desde la dovela “cero”. Estos diafragmas tendrán la forma que se muestra en la figura siguiente, y así podremos tomar como que la columna que llega a la zapata es maciza, facilitando el diseño y la construcción de las dos estructuras.

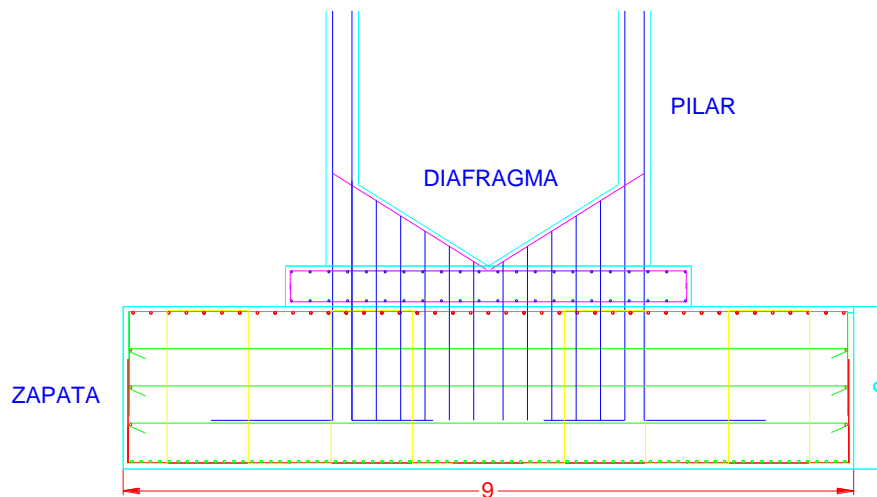


Figura 6.4.1. Conexión entre pilar y zapata de cimentación mediante un diafragma.

A las pilas se les dieron estas dimensiones porque facilitaban los procesos constructivos y de transferencia de carga ya que la dovela cero tiene las mismas dimensiones, en su parte inferior, que la pila. Esto permite que se las construya monolíticamente, sin tener

que utilizar sistemas antisísmicos, que en la actualidad se están dejando de utilizar, en cada pila. Esta forma de construcción garantiza una excelente rigidez, que para este método constructivo, por volados sucesivos, funciona de excelente manera.

Las pilas se irán construyendo progresivamente utilizando encofrados metálicos de auto sujeción, esto quiere decir que se van sujetando a la parte que ha sido anteriormente fundida. Estos encofrados son costosos, pero al tener 4 pilas que en total significan 132 metros lineales, este gasto se justifica. Los hierros se van armando progresivamente y así mismo se va fundiendo el hormigón hasta llegar a 5.5 metros por debajo de la cota de subrasante. En este punto empieza la construcción de la dovela cero que tiene la forma exacta que tendrán las dovelas 1 y 1' de todas las pilas. En la parte superior de las pilas se debe conformar el diafragma que se explicó anteriormente. Este diafragma va disminuyendo su tamaño en forma lineal hasta obtener la forma principal de la pila que es hueca con espesores de 40 cm.

Para el armado de los hierros se utilizará alambre galvanizado y se dejarán traslapes de longitudes de 40 diámetros de la varilla que se esté utilizando o lo que se especifique en los planos. Se utilizarán varillas longitudinales de 32mm cada 10.2 cm y se utilizarán para los estribos, varillas de 25 mm cada 50 cm. Estos detalles se pueden observar en los planos de pilas. Es importante señalar que el fundido del hormigón debe hacerse en capas de 20 o 25 cm y utilizando vibradores a todo momento para eliminar cualquier burbuja de aire y asegurar una mejor compacidad. El vertido del hormigón debe hacerse desde una altura no mayor a un metro y para esto se usarán bombas de hormigón de gran capacidad. El hormigón que se utilizará en las pilas será de 210 kg/cm<sup>2</sup>, ya que debido a las dimensiones de las pilas, no se necesita que sea de mejor resistencia. Las pilas se irán construyendo en forma progresiva

comenzando por las de mayor altura. Estas se empezarán a construir en simultaneo con la construcción de los estribos del puente y cuando las zapatas hayan adquirido por lo menos un 70% de su resistencia a los 28 días.

## 6.5 Construcción de Viga cajón

Cuando se ha terminado la primera pila se procede a construir la dovela de lanzamiento o dovela “cero”. Esta Dovela tendrá la misma sección transversal que las dovelas 1 y 1', y habrá que colocar en ella durante el armado de los hierros de la misma, los ductos necesarios para que pasen por ellos todos los cables superiores e inferiores. En este caso la dovela cero y las otras dos mencionadas deben tener 20 ductos en la parte superior y 20 ductos en la parte inferior. Después de finalizado el armado de hierros y después de que las tuberías estén colocadas en su posición final y bien aseguradas, se puede empezar con la fundición de esta dovela. Cuando la dovela “cero” ha fraguado se procede a instalar el sistema de encofrados autoportantes o autosoportantes que son sistemas especiales que sirven para puentes en volados sucesivos y tienen la funcionalidad o la característica de que van desplazándose progresivamente con la construcción de cada nuevo par de dovelas. Estos sistemas son contruidos en acero y por lo general son celosías que se sujetan, en un inicio, de la pila y posteriormente de cada dovela. Estos sistemas sirven para poder trabajar tranquilamente en el armado de los hierros de cada dovela y para poder tener un encofrado perfecto que va variando en altura y en el peralte de la losa inferior, así como también en la pendiente de sus secciones diagonales tal y como esté estipulado en los planos. Estos sistemas deben ser modificados para cada tipo de sección transversal.

Con el sistema de encofrados listos se empieza a colocar el armado de hierros de la dovela 1 y 1', De igual forma, se deben colocar los ductos o las tuberías por donde se cruzarán los cables de pretensión que son la parte fundamental de este tipo de puentes. Como ya se mencionó este par de dovelas tendrán el mismo número de ductos que la dovela "cero", pero a partir de estas, cada par de dovelas tendrá dos pares menos de ductos que la anterior. Llegando así a tener que las dovelas de cierre, inicio y fin tendrán nada más que 4 ductos. Dos de estos ductos serán para el tesado superior, que es el que ejerce toda la fuerza de sujeción de las dovelas; y los dos inferiores que son para los cables de continuidad que aseguran la continuidad de toda la viga y reducen los momentos flectores generados por la fuerza de los cables superiores.

Con los ductos colocados y bien sujetos se procede a verter el hormigón y a vibrarlo cuidadosamente para garantizar que la resistencia a compresión del hormigón no sea en ningún caso menor a la resistencia con la que realizaron los cálculos de diseño, en este caso esa resistencia fue  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ . Cuando se ha terminado la fundición de este hormigón se debe comenzar inmediatamente a curarlo sin permitir que nada de la humedad evaporada no sea reincorporada a la estructura. Este proceso es imprescindible para garantizar la resistencia del hormigón. Esto puede hacerse a través de riego de agua, curador superficial para pavimentos, sistemas de curación mediante vapor o utilizando plásticos para evitar que se evapore demasiada agua de la mezcla. Si se controla bien el curado y la resistencia del hormigón a llegado a un 70 % de su resistencia a los 28 días, se puede comenzar a colocar los cables superiores, las placas de acero, los anclajes y posteriormente se puede empezar a tesar cada uno de los torones de todo el tendón de cables.

Para el tesado se usarán gatos hidráulicos con manómetros de presión para revisar la fuerza ejercida en cada cable y también con deformímetros que permitan la lectura de la elongación de cada torón, esto también permite saber a cuánta tensión está sometido el cable calculándola con el módulo de elasticidad del tipo de acero que se está utilizando y su respectiva deformación. Cuando se ha logrado incluir la fuerza de tensión requerida a cada cable se procede al anclaje del mismo para evitar que haya muchas pérdidas. Cuando se han sujetado los dos cables se debe recubrir los cables con un sellador o con mortero con aditivos para eliminar los posibles ingresos de sustancias agresivas para el acero que podrían en un futuro corroer el acero y hacer que éste pierda sus propiedades. Este relleno de los ductos sirve también para una mejor sujeción del cable mediante fricción y así reducir de alguna manera el porcentaje de pérdidas de pretensión que siempre ocurren en los puentes de hormigón pretensado ya sea por encogimiento del hormigón, relajación del acero, rozamiento o variaciones por temperatura, pero siempre existen pérdidas de la fuerza de pretensión y estas se encuentran en el orden de entre 15 y 30 % dependiendo de la longitud de los cables.

Después de finalizado el proceso de relleno de los ductos de cables de pretensado superiores, se procede a retirar y desplazar el sistema de encofrados móviles, ahora este encofrado se sujetará a las dovelas construidas y se balanceará usando contra pesos si es que es necesario. Así se repite el proceso de armado de hierros, instalación de ductos, fundido del hormigón, cruzado y tesado de cables, relleno de ductos y retiro del encofrado para el siguiente par de dovelas. Así progresivamente se va avanzando con la estructura hasta terminar con las dovelas simétricas. En este punto es importante notar que las estructuras desde cada pilar han estado trabajando como una estructura isostática en cantiléver o volados. El siguiente paso es la construcción de la dovela de los extremos del puente y que de alguna

manera modifican el funcionamiento de la estructura del puente cuando ésta ha sido terminada. Esta dovela se tesa anclándola a la dovela cero. Esta dovela debe apoyarse en las placas de neopreno previamente colocadas sobre la cabeza del estribo y es aquí en donde la estructura tiene la capacidad de expandirse, contraerse y desplazarse longitudinalmente.

Entre el espaldar de los estribos y el fin de las dovelas exteriores debe haber una separación de por lo menos 15 cm, esta separación permitirá que el hormigón sufra deformaciones por temperatura y encogimiento por contracción del hormigón a lo largo del tiempo; así como también desplazamientos causados por fuerzas sísmicas, fuerzas grandes de frenado o impacto. En estas separaciones deben construirse juntas de dilatación en acero cuando la capa de rodadura ya esté colocada, para generar una superficie uniforme que permita un cómodo desplazamiento para ingresar y salir del puente. Al terminar la construcción de las dovelas exteriores empieza la construcción de la pieza clave de la estructura, y esta es, la dovela de cierre. En este diseño las dovelas interiores con excepción de la dovela de cierre y las dovelas “cero”, tendrán cada una, una longitud de 5 metros. Las otras dovelas tendrán una longitud de 4 metros. Esto se ha diseñado de esta manera para obtener una simetría perfecta en el puente y facilitar y agilizar los procesos.

La dovela de cierre debe fundirse con mucho cuidado asegurando la correcta adhesión con las dovelas adosadas. Esta dovela después de haber sido fundida tiene que ser asegurada por cables de pretensión inferiores que garantizaran el funcionamiento de toda la viga como una viga continua. En este momento la estructura cambia totalmente su diagrama de esfuerzos y sus momentos máximos y mínimos varían significativamente. En este momento la estructura pasó de ser isostática a ser hiperestática lo que reduce los momentos negativos y genera unos



momentos positivos que deben ser contrarrestados con los cables de pretensión inferiores. A continuación se presenta un diagrama de cómo quedará la estructura y como estarán colocados los cables de pretensión:

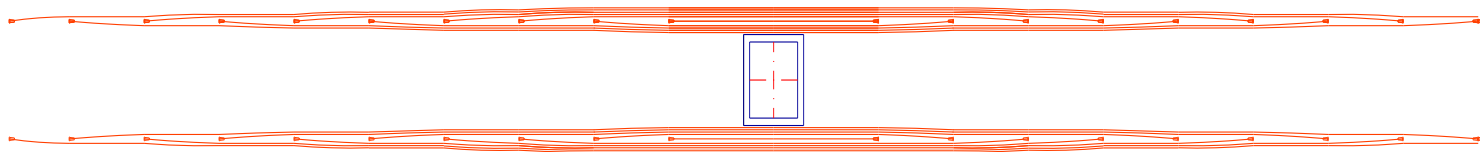


Figura 6.5.1. Trazado de los cables de pretensado superior o de voladizo para uno de las 4 secciones del puente. (Todos iguales).

## 6.6 Construcción de detalles y finalización del puente

La dovela de cierre ha sido terminada y la estructura como tal está concluida, ahora empiezan los trabajos de detalle en el puente como son veredas, pasamanos, capa de rodadura, drenajes, juntas de dilatación, pintura y señalización. Terminadas estas obras se puede proceder a la entrega de la obra.

Para la conformación de las veredas se debe armar un encofrado sencillo y un armado de hierros simple para evitar daños en estas estructuras. En este diseño, siguiendo el diseño original del puente construido en acero, las veredas exteriores de cada puente serán de 1.20 metros y las interiores serán de 0.50 metros. Las veredas se fundirán continuamente y se dibujarán paneles de hasta 4 metros de longitud, en los cuales se colocará sellador de juntas para evitar el ingreso de agua dentro del hormigón. Las veredas deberán tener un buen acabado y una superficie rugosa para que no sea resbaladizo.

Los pasamanos en este diseño tienen columnetas de hormigón de 1,2 metros de alto por 0.20 metros de ancho y 0.20 metros de largo. Estas columnas tendrán un armado de hierros sencillo para obtener una resistencia aceptable ya que deben estar en la capacidad de detener a un vehículo que choque o se golpee contra ellos. Los pasamanos, como tales, serán también contruidos de hormigón en forma de vigas de longitud de 3 metros, base de 0.15 m y peralte de 0.2 m.

La capa de rodadura se hará con hormigón asfáltico en caliente, mezclado en planta, tendrá un espesor de 5 cm y se debe procurar realizar el asfaltado con mucho cuidado en los lugares donde se tienen juntas. Debe también cuidarse de no taponar las tuberías de desagües y

deben cuidarse los bombeos para permitir que el agua fluya hacia los drenajes y no se estanque en el puente. Después de realizado el asfaltado se procederá a pintar las líneas de señalización y a colocar las tachas reflectivas que son parte de la señalización vial.

El puente está listo para ser utilizado y brindar un servicio a muchas personas que ahorrarán tiempo en sus viajes, lo que significa que serán más eficientes, por lo tanto más productivos y se verá beneficiada toda la ciudad con los diferentes incrementos económicos que una obra de esta importancia puede producir.

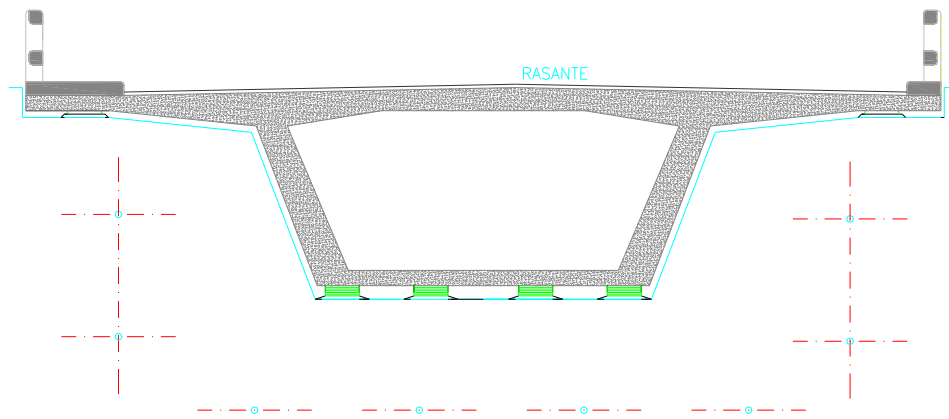


Figura 6.6.1. Esquema final de las dovelas sobre los estribos cuando esté listo para el funcionamiento.

## 7. DESCRIPCIÓN DE RUBROS PRINCIPALES Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS GENERALES

Finalizado el diseño del puente se puede proceder al cálculo de cantidades y al análisis de precios unitarios de cada uno de los rubros que serán parte de la construcción de este puente. Dentro de los rubros están todas las actividades que están involucradas en la construcción de una obra y este análisis se vuelve muy extenso. En este trabajo se describirán los rubros principales y más significativos basándose en el proceso constructivo que se describió en el capítulo 6. Estos rubros se incluirán en su mayoría como rubros que consten dentro del Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-2002. Si existieren rubros que no consten dentro del código se los llamará rubros especiales y se incluirá una descripción de lo que consta dentro del Rubro.

Haciendo una revisión rápida de los elementos de los que consta el puente diseñado tenemos:

### **Superestructura**

Hormigón:  $f'c = 420\text{kg/cm}^2$ ; incluye encofrado móvil, vibrado y curado del hormigón.

Acero de refuerzo:  $f_y = 4200\text{ kg/cm}^2$ ; incluye material, doblado y armado de los hierros.

Acero para cables de pretensado: Cables de alta resistencia y baja relajación, incluye cruzado y tesado de los mismos. Incluye anclajes y mordazas para la sujeción.

Tubería de plástico: tubería de plástico para los ductos de los cables de pretensado. Incluye instalación de los mismos.

Material de “grouting”: material de relleno de ductos de pretensado. Incluye inyección del grouting después del tesado de los cables.

Juntas de dilatación tipo III MOP: Incluye material de acero para juntas, elementos de sujeción y material para un buen acabado de la superficie de ingreso y salida del puente.

Capa de rodadura: capa de mezcla asfáltica en caliente de espesor 5 cm.

Hormigón para veredas:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Barandales para puentes: incluye columnetas y pasamanos de hormigón armado.

Placas de Neopreno: Incluye instalación.

### **Subestructura**

Hormigón para columnas:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Incluye encofrado, vibrado y curado.

Hormigón para zapatas:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Incluye encofrado, vibrado y curado.

Hormigón para estribos:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Incluye encofrado, vibrado y curado.

Hormigón para caissons:  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ . Incluye encofrado.

Hormigón para replantillos:  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ .

Acero de refuerzo:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . Incluye material, doblado y armado de los hierros.

Con estos rubros ya se puede calcular el costo aproximado de toda la estructura y para este efecto se considerarán precios unitarios referenciales con algunas modificaciones para que los costos sean más acertados. Este análisis de precios unitarios se realizó en Excel y se los

podrá ver en el Apéndice G. Los precios obtenidos para cada Rubro se presentan a continuación:

**PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO EN H.P.**

**LONGITUD: 200 M**

**PROVINCIA: PICHINCHA**

<b>RUBRO No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>
1.0	SUPERESTRUCTURA	
405-5	Capa rodad. horm. asfalt. mezc.planta e=0.05 m.	6.16
309-6(4)E	Transporte de mezcla asfáltica para capa de rodadura	0.18
405-2 (1)	Asfalto diluido tipo.....grado....., para riego de adherencia	0.54
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"A"(f'c=420 kg/cm2 S)	308.03
503(6)E	Juntas de dilatación y contracción (Tipo III-MOP)	89.09
504(1)	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	1.76
503(7)E	Placas de neopreno tipo stup-dureza 70(50x50x15)cm	3,749.04
604-(3A)	Tubo P.V.C.preparada con acoples con estructura de horm.(D=100mm.)	5.93
704-1(3)	Barandales de Hormigón para puentes	95.46
507-(8)Eb	Acero para pretensado fy=16000Kg/cm2	3.40
508-(8)Eb	Material de grouting	123.14
2	SUBESTRUCTURA	
307-2(2)	Excavación y relleno para puentes	12.71
503(4)	Horm.estruc.cemento portland clase"E"(f'c=180 kg/cm2 replantillos)	101.86
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"B"(f'c=210 kg/cm2)	198.49
501 Ea	Pilas de cimentación (caissons) phi=3.00 m.	1,453.14
504(1)	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	1.76

Tabla 7.1. Descripción de rubros y precios unitarios.

Estos precios se han obtenido haciendo un análisis general de cada uno de ellos, en donde se han considerado los diferentes materiales, equipos y mano de obra necesaria para la realización de cada rubro dependiendo su unidad de medida y se han calculado los rendimientos basados en precios referenciales de algunos pliegos de contratos y basados en cálculos realizados por el autor.

La distancia de transporte del asfalto se ha considerado de 30 km, que es una distancia aceptable considerando algunas plantas de asfalto en la ciudad de Quito, la una cerca de Guayllabamba y la otra cerca de Tambillo. Para el hormigón se ha calculado el costo incluyendo el transporte. Para el hormigón de la superestructura se realizó un cálculo tomando en cuenta el costo del sistema de encofrado móvil que es un costo bastante alto y que si se lo considera solo para un puente nos da un precio unitario bastante alto. Este costo disminuiría considerablemente si se consideraría que la inversión se pague con dos o más puentes. En los rubros de los cables de acero, de los ductos y del material de grouting se han calculado los metros necesarios para el pretensado superior e inferior y todos ellos con cables de 19 tendones y alambre de 0.6 y 0.5 pulgadas de diámetro y 7 alambres por cada torón.

La cantidad de acero de refuerzo se ha calculado para cada una de las estructuras y dependiendo del armado que se ha definido en el diseño de cada una de ellas que son: viga cajón, pilares, cimentación, estribos y caissons. Se ha hecho un rubro global pero la cantidad obtenida ha sido considerada realizando los cálculos respectivos para cada estructura y considerando los dos puentes gemelos, es decir: 400 metros de puente, 4 pilares, 4 estribos, 4 zapatas de cimentación y 20 caissons. Todos los rubros se han calculado detenidamente para obtener un análisis de precios unitarios aceptable y que no esté muy por encima o muy por debajo de la realidad



## 8. COSTO TOTAL CALCULADO DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO CONSTRUIDO EN HORMIGÓN PRETENSADO Y EN VOLADOS SUCESIVOS

### UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL

#### TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO EN H.P.

LONGITUD: 200 M  
PROVINCIA: PICHINCHA

FECHA: NOVIEMBRE 2011

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
<b>No.</b>					
1.0	SUPERESTRUCTURA				
405-5	Capa rodad. horm. asfalt. mezc.planta e=0.05 m.	m2	4,620.00	6.16	28,459.20
309-6(4)E	Transporte de mezcla asfáltica para capa de rodadura	m3-km	138,600.00	0.18	24,948.00
405-2 (1)	Asfalto diluido tipo.....grado....., para riego de adherencia	l.	4,620.00	0.54	2,494.80
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"A"(f'c=420 kg/cm2 S)	m3	3,291.60	308.03	1,013,911.55
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"A"(f'c=210 kg/cm2 S)	m3	103.00	198.49	20,444.47
503(6)E	Juntas de dilatacion y contraccion (Tipo III-MOP)	m	54.00	302.08	16,312.32
504(1)	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	kg	442,635.90	1.76	779,039.18
503(7)E	Placas de neopreno tipo stup-dureza 70(50x50x15)cm	u	32.00	3,749.04	119,969.28
604-(3A)	Tubo P.V.C.preparada con acoples con estructura de horm.(D=100mm.)	m	13,240.00	5.93	78,513.20
704-1(3)	Barandales de Hormigon para puentes	m	800.00	95.46	76,368.00
507-(8)Eb	Acero para pretensado fy=16000kg/cm2	kg	324,427.68	3.40	1,103,054.11
508-(8)Eb	Material de grouting	m3	58.10	123.14	7,154.43
					3,270,668.54

2	SUBESTRUCTURA				
307-2(2)	Excavacion y relleno para puentes	m3	2,120.58	12.71	26,952.57
503(4)	Horm.estruc.cemento portland clase"E"(f'c=180 kg/cm2 replantillos)	m3	72.40	101.86	7,374.66
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"B"(f'c=210 kg/cm2)	m3	2,255.47	198.49	447,688.24
503(5)	Pilas de cimentación (caissons) phi=3.00 m. profundidad 15 m.	u	20.00	11,699.77	233,995.40
504(1)	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	kg	266,429.00	1.76	468,915.04
					1,184,925.91
				Presupuesto referencial	4,455,594.45

Tabla 8.1. Rubros, cantidades, precios unitarios y precio total del puente diseñado en hormigón pretensado y volados sucesivos.

En el costo total de estos puentes gemelos se ha considerado para cada uno de los precios unitarios una utilidad y unos costos indirectos y se han calculado como 20% del precio unitario de cada rubro. Este valor es un valor común usado entre las grandes constructoras aunque es un poco alto para una constructora mediana o pequeña. A veces se consideran más o menos costos indirectos y a veces la utilidad puede incrementarse o disminuirse. Dentro de los precios unitarios se ha considerado el precio de adquisición e importación de un sistema de encofrado móvil, así como también, un detallado cálculo de cantidades de cada uno de los materiales que se utilizan para cada rubro.

El cálculo de cantidades se realizó basado en el diseño final de cada elemento de la estructura considerando su área geométrica, la cantidad de acero de refuerzo, la longitud de los hierros, la forma de los estribos, la longitud de los traslapes, la longitud de los cables de pretensado, el volumen que ocupan los mismos, el volumen de mezcla asfáltica, los pasamanos del puente, el tamaño de las veredas, etc.

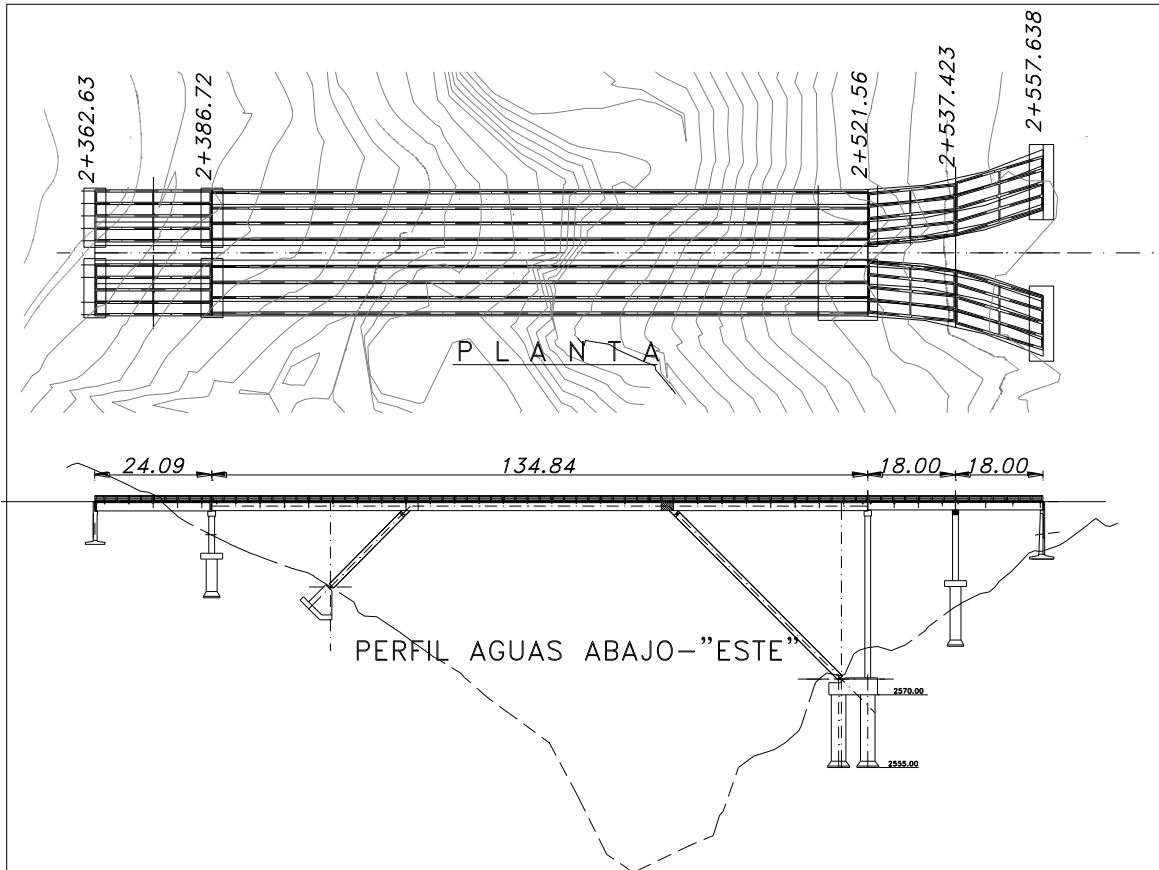
Este resultado de \$4'455,594.45 da como resultado un valor de \$11,139.98 dolares por metro lineal de puente o de \$ 964.41 dólares por metro cuadrado de tablero.

## **9. REVISIÓN DE DISEÑO, MÉTODO CONSTRUCTIVO Y COSTO FINAL DEL PUENTE EXISTENTE SOBRE LA QUEBRADA DE GUALO CONSTRUIDO EN ACERO**

El puente que se encuentra construido sobre la quebrada de Gualo fue construido por la compañía Consermin S.A. Fue una obra puesta en concurso público por la Empresa Municipal de Movilidad y Obras Publicas EMMOP que ahora se llama EPMMOP. Esta obra empezó a ejecutarse en agosto del 2004, y no fue finalizado sino hasta mayo del 2007, cuando se colocó la carpeta asfáltica sobre el puente. Este puente tiene una longitud de 199.79 m y es el puente de mayor longitud en el Distrito Metropolitano de Quito, este proyecto abarca una vía de seis carriles, tres en sentido norte sur, y tres en sentido sur norte. Este proyecto contempla dos puentes gemelos, uno para cada sentido de circulación. Cada estructura individual está compuesta de dos accesos con vigas, simplemente apoyadas, de hormigón postensado y un tramo central metálico aporticado. La infraestructura del puente está formada por pilas y estribos de hormigón armado.

La estructura metálica de cada puente está constituida por 4 pórticos, cada uno tiene columnas rectangulares, tubulares, inclinadas, llamados tornapuntas; y una viga continua de tres tramos, uno central de 50 metros entre tornapuntas y dos tramos exteriores de 42.42 m. Esto da una longitud de 134.84 metros. Al tener márgenes de la quebrada de geografía muy distinta se tiene que la estructura no es simétrica en elevación y los tornapuntas son de diferentes longitudes. El acceso sur consta de un tramo recto simplemente apoyado de 24 metros sobre 5 vigas de hormigón postensado. Estas están colocadas sobre el estribo 1 y la pila P1. El acceso norte tiene dos tramos rectos de 18.5 metros con 5 vigas postensadas

simplemente apoyadas entre las pilas P2 y P3, y entre las pilas P3 y el estribo 2. Se disponen de 4 pilas P1, 4 pilas P2 y 4 pilas P3. El tablero del puente fue construido en hormigón armado y la altura máxima del puente y la quebrada es de 75 metros.



La Construcción del puente se inició el mes de agosto del 2004 y la colocación de la carpeta asfáltica sobre el tablero de los dos puentes se concluyó el 2 de mayo del 2007, de modo que el período oficial de construcción fue de 34 meses. Dentro de éste periodo existieron 10 meses de suspensiones obligadas por motivos de fuerza mayor, así por ejemplo las dificultades encontradas en la implantación del puente en el acceso norte, sector de Gualo, el inicio fue diferido a noviembre del 2004. Igualmente se otorgaron prórrogas por un plazo de 12 meses debido a implicaciones de orden técnico. (Informe del Ing. Jorge Vásquez)

Si se considera un puente normal de tres vías, entonces el puente de Gualo equivaldría a un proyecto de 400m lineales de puente, siendo 270m en estructura metálica y 130m con vigas postensadas. De manera global para ésta longitud de puente las cantidades de los materiales principales son las siguientes:

	HORMIGON (RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup> ) (m <sup>3</sup> )				ACERO ( kg )			PERNOS
	180	240	280	350	4200	A588	A36	A325 ( kg )
INFRAESTRUCTURA	100	2458			368940			
SUPERESTRUCTURA		507	780	285	260200	866460	96194	6621

El costo total de la obra, sin reajuste, a su conclusión se compone de los siguientes elementos:

PRESUPUESTO INICIAL (\$USA)	INCREMENTO DE CANTIDADES (\$USA)	CONTRATO COMPLEMENTARIO (\$USA)	COSTO + PORCENTAJE	TOTAL (\$USA)
2,824,264.2	552,635.7	481,068.9	20,3396	4,061,364.8

Este costo total da un promedio de \$10.153 dls/metro lineal de puente, de las características señaladas. (Informe del Ing. Jorge Vásquez)

## 2. CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA



Estribo de Zábmbiza



Estribo de Gualo

La topografía y condiciones del suelo del estribo sur, (Zábmbiza), favorecieron para que la construcción de cimentaciones, estribos y pilas no tenga mayores problemas técnicos. En el estribo norte (Gualo), la implantación de la cimentación en condiciones difíciles obligó a un reajuste del proyecto estructural, desplazando 5m hacia el talud cimentación conjunta de tornapuntas y pilas. Durante el proceso de excavación para la cimentación de éstos elementos, (febrero-abril2005) se produjeron dos deslizamientos importantes, que obligó a la construcción adicional de un muro en cantiléver, otro de pilotes de hormigón, y uno con tierra armada para estabilizar el talud. (Informe del Ing. Jorge Vásquez)

### 3. CONSTRUCCION DE LA SUPERESTRUCTURA



La construcción de los accesos sur y norte constituye la primera fase de la colocación de la Superestructura del puente. Se fabricaron y postensaron al pie de la obra 10 vigas de 24m y 20 vigas de 18.5m. El hormigón de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , premezclado fue provisto en el sitio, y para el postensado se utilizó un gato hidráulico de gran capacidad. Para el izamiento y lanzamiento de estas vigas inicialmente fue previsto utilizar el sistema de teleférico instalado, pero se lo realizó empleando una grúa de gran capacidad de izamiento y alcance. Finalmente se construyó el tablero de hormigón armado. Se efectuaron los controles de calidad del hormigón y acero de preesfuerzo. (Informe del Ing. Jorge Vásquez)

La fase de mayor complejidad y técnica fue la fabricación y montaje de la estructura metálica central del puente. Se ha fabricado un total de 866 ton de acero A588 y 96 ton de acero A36, repartidas en 16 tornapuntas de sección tubular rectangular, (40x80cm y 40x120cm), con longitudes que varían entre los 29m y 47m; 16 vigas de sección I armada, con 134.48m de longitud y 1.66m de peralte, y los arriostramientos verticales y horizontales. Estos elementos fueron subdivididos en dovelas con longitudes máximas de 12 m. La





fabricación de las dovelas fue realizada en la ciudad de Guayaquil empleando procedimientos avanzados de corte y suelda.

En los sitios aledaños y sobre los tableros de accesos se establecieron patios de trabajo para la recepción y el pre-armado de las dovelas. El pre-armado es una tarea importante a través de la cual se unen las dovelas mediante suelda en el sitio, previo la verificación topográfica de ejes. Establecido el proceso de montaje por pares de vigas o tornapuntas, se colocan los arriostramientos verticales para conformar los elementos que serán operados en la fase de montaje. Los tornapuntas estaban constituidos por tres y cuatro dovelas y las vigas tenían 13 dovelas, 5 centrales y 8 laterales.

El proceso de montaje inicialmente previsto consideraba tres unidades de lanzamiento. Primero se deben colocar los tornapuntas en su sitio y mantenerlos verticales. En cada acceso se debe pre-armar el tramo lateral de la viga unido al tornapuntas con una articulación, estas estructuras se trasladan hacia el centro mediante la rotación del tornapuntas en su base articulada. Finalmente se transporta con el teleférico el tramo central y mediante dos juntas soldadas, a realizar en el aire, se cierra la estructura. La primera dificultad se presentó por lo difícil de pre-armar la viga lateral en altura. Luego se definieron condiciones críticas para el transporte de la unidad de lanzamiento durante la rotación del tornapuntas, y finalmente no es recomendable técnicamente la realización de las juntas soldadas aéreas.

Entre los meses de dic-2005 y abril-2006 se realizó un estudio detallado del procedimiento de montaje. Se analizaron seis alternativas, para finalmente seleccionar una de ellas. Se consideran las mismas unidades de lanzamiento, que el original, pero operadas de forma diferente:



Las vigas laterales (42m) se pre-arman y transportan con rodamientos a nivel de piso hacia el tornapuntas que ha sido rotado aproximadamente  $40^\circ$ . Para llegar al tornapuntas se requiere de un sistema de transporte constituido por una tarabita. Se procede al enganche de la articulación viga-tornapuntas.



La unidad central de montaje se subdivide en tres, empleando 4 juntas empernadas. En cada acceso, mediante el sistema de tarabita se transporta una dovela de 18m y se la une a la estructura ya montada empleando la junta empernada cercana a la unión tornapuntas-viga. Este elemento queda en volado.

Finalmente se procede al cierre de la estructura transportando con la tarabita una dovela de 12m, para su calce entre las otras dos juntas empernadas.

La tarabita, importante sistema auxiliar de montaje, está conformada por un pórtico que se coloca sobre la viga cabezal de las pilas en cada acceso. Los dos pórticos soportan 8 cables para



transportar y soportar un sistema de trole. El trole soporta la viga y la puede desplazar verticalmente para realizar las operaciones de encaje en las juntas empernadas. Este sistema fue diseñado y fabricado en el sitio. La operación de izaje vertical se realiza mediante dos winches eléctricos operados desde tierra.

El sistema de montaje se completa con las retenciones, y de transporte horizontal, igualmente operados mediante winches y sistemas de anclaje a paredes de hormigón enterradas en el suelo. El proceso de montaje se realizó cuatro veces, para lanzar los cuatro pares de vigas que componen la estructura total del puente. La operación de calce de las dovelas mediante las juntas empernadas fue exitoso, los descuadres fueron mínimos. El desplazamiento horizontal al momento de liberar las retenciones, ocurrido por la falta de simetría vertical de la estructura, se lo corrigió rigidizando las articulaciones superiores antes de liberar las retenciones. Para finalizar el montaje se revisaron y corrigieron los alineamientos de los ejes. Se procedió luego con la construcción de encofrados, armado y fundición de los tableros de hormigón, para finalmente concluir la obra con la construcción de aceras y bordillos, la protección lateral y la colocación de la carpeta asfáltica.

### Rubros y cantidades de obra del proyecto construido del 2004 al 2007

CODIGO	RUBRO	CONTRATO ORIGINAL				NUEVAS CANTIDADES	
		F.INICIO:	30/07/2004	FEC.TERMINO	24/07/2005	CANTIDAD	PRECIO
		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL		
	<b>INFRAESTRUCTURA</b>						
508(2)	Mampostería de piedra molón (revestimiento)	m3	9.40	71.12	<b>668.53</b>	9.40	<b>668.53</b>
307-2(2)	Excavación y relleno para puentes	m3	9666.00	5.86	<b>56642.76</b>	19060.67	<b>111695.53</b>
304-1(2)	Material de préstamo importado	m3	308.00	16.26	<b>5008.08</b>	5000.20	<b>81303.25</b>
503(2)	Hormigón Estructural clase B f'c=240kg/cm2	m3	2437.84	127.83	<b>311629.09</b>	2458.25	<b>314238.10</b>
503(3)	Hormigón Estructural clase D f'c=180kg/cm2 (replantillos)	m3	90.80	110.32	<b>10017.06</b>	100.82	<b>11122.46</b>
504(1)	Acero de Refuerzo Fy=4200kg/cm2	kg	241370.91	0.92	<b>222061.24</b>	368939.45	<b>339424.29</b>
505(7) Ea	Placas de Neopreno D.S.60 (.35x.35x.02m)	U	60.00	48.51	<b>2910.60</b>	60.00	<b>2910.60</b>
508(3)	Gaviones	m3	1306.00	42.08	<b>54956.48</b>	1913.00	<b>80499.04</b>
604(1A)	Tubo PVC D=10cm Drenaje	m	7.20	5.51	<b>39.67</b>	23.60	<b>130.04</b>
501 Eb	Pilas de Cimentación (Caissons) diam=2.25	m3	79.36	763.28	<b>60573.90</b>	81.36	<b>62100.46</b>
501 Ea	Pilas de Cimentación (Caissons) diam=3.00	m3	68.00	1084.95	<b>73776.60</b>	120.00	<b>130194.00</b>
			COSTO DE INFRAESTRUCTURA		<b>798284.00</b>		<b>1134286.30</b>

<b>SUPERESTRUCTURA</b>							
405-5	Capa/rodadura/H.Asfalt/Planta e=5.cm	m2	4504.32	4.39	<b>19773.96</b>	4504.32	<b>19773.96</b>
503-(1)A	H.Estruct.Cem.Port.clase B F'c=350kg/cm2 (vigas preesf.)	m3	302.00	273.41	<b>82569.82</b>	285.34	<b>78014.81</b>
503-(1)B	H.Estruct.Cem.Port.clase B F'c=280kg/cm2(losa.tram.met	m3	688.20	148.57	<b>102245.87</b>	688.20	<b>102245.87</b>
503-(1)	H.Estruct.Cem.Port.clase B f'c=240kg/cm2	m3	529.25	130.10	<b>68855.43</b>	529.25	<b>68855.43</b>
504(1)	Acero de Refuerzo Fy=4200kg/cm2(superestruc)	kg	202254.34	0.92	<b>186073.99</b>	222479.74	<b>204681.36</b>
504(1a)	Acero Preesf. f'p=16000kg/cm2 (incl.anclajes, cuñas, ductos..)	kg	18545.00	3.49	<b>64722.05</b>	15071.00	<b>52597.79</b>

604(1A)	Tubo PVC D=10cm Drenaje	m	82.00	5.51	<b>451.82</b>	82.00	<b>451.82</b>
503(5)E	Junta de dilatación tipo Composan JNA-52	m	132.50	480.20	<b>63626.50</b>	132.50	<b>63626.50</b>
505(2)a	Suministro de acero A-36	kg	82442.20	0.85	<b>70075.87</b>	90686.42	<b>77083.46</b>
505(3)a	Fabricación de acero A-36 (incl.pintura)	kg	82442.20	0.46	<b>37923.41</b>	90686.42	<b>41715.75</b>
505(4)a	Montaje de acero estructural A-36	kg	82442.20	0.43	<b>35450.15</b>	90686.42	<b>38995.16</b>
505(1)	Suministro y fabricación de acero A-307 (pernos)	kg	37.52	5.64	<b>211.61</b>	37.52	<b>211.61</b>
505(2)b	Suministro de acero A588	kg	743677.98	0.85	<b>632126.28</b>	862833.98	<b>733408.88</b>
505(3)b	Fabricación de acero A-588 (incl.pintura)	kg	743677.98	0.46	<b>342091.87</b>	847679.39	<b>389932.52</b>
505(4)b	Montaje de acero A-588	kg	743677.98	0.43	<b>319781.53</b>	862833.98	<b>371018.61</b>
			COSTO DE LA SUPERESTRUCTURA		<b>2025980.17</b>		<b>2242613.54</b>
				total	<b>2824264.17</b>		<b>3376899.84</b>
							<b>3857968.74</b>
	VALOR MENSUAL COBRADO						
	AVANCE PARCIAL EN %						
	VALOR COBRADO ACUMULADO						
	AVANCE ACUMULADO EN %						

#### CONTRATO COMPLEMENTARIO

505(1)a	Suministro de Pernos A-325	kg	2800.00	9.27	25956.00		
505Ea	Perforación para empernado en lámina de acero A588, e=30mm, d=33mm	u	10140.00	7.31	74123.40		
505Eb	Perforación para empernado en lámina de acero A588, e=10mm, d=25mm	u	2535.00	6.32	16021.20		
505Ec	Perforación para empernado en lamina de Acero A588, e=10mm, d=18mm	u	128.00	5.42	693.76		
503(3)c	Fabricación acero A588(incluye pintura)-refuerzos 30mm- <b>REFUERZO EN VIGAS</b>	kg	13600.00	9.80	133280.00		
505(3)c	Fabricación acero A588(incluye pintura)-refuerzos 30mm- <b>Ref.Apoyo</b>	kg	482.30	9.80	4726.54		

	<b>Movil</b>					
505(3)f	Fabricación acero A588(incluye pintura)-refuerzos 25mm- <b>Ref.Apoyo Movil</b>	kg	351.68	8.17	2873.23	
206(4)	Mantas Geosintéticas(malla para control de erosión de taludes, incluye malla de acero)	m2	5000.00	19.12	95600.00	
	Anclaje malla control erosión L=12 Varilla acero 25mm.(tuerca, placa, excavación, grout)	u	72.00	530.49	38195.28	
508(3) a	Colchón de gavión plastificado(0.50*0.50*0.50) incluye piedra bola)	m3	1500.00	57.33	85995.00	
	anclas de gavión plastificadas	u	750.00	4.15	3112.50	
206(3)	Área encespada	m2	200.00	2.46	492.00	
				total	481068.91	

Tabla 9.4. Rubros, cantidades, precios unitarios y costo total del proyecto del puente existente sobre la quebrada de Gualo.

En esta tabla se puede apreciar cómo se desarrollo el proyecto, el único valor que falta es el valor de costo + porcentaje de alguna obra adicional que no se ha descrito en ninguna parte de los oficios ni de los informes proporcionados por la fiscalización de la EPMMOP. El costo total del proyecto fue de \$4'061,364.8 dólares.

## 10. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DOS PUENTES

Con lo demostrado en los capítulos anteriores el costo del puente construido en acero parece ser menor que el puente que ha sido diseñado por el autor de esta tesis, sin embargo, el puente construido en acero empezó a construirse en el 2004 y se terminó en el 2007. Los precios unitarios que se manejaron en ese proyecto son mucho menores a los precios que se están manejando actualmente, sobre todo en lo que concierne a acero estructural. Como se mostró en el capítulo anterior, en el proyecto existente se consideraron muchos rubros y se dieron algunas variaciones en el contrato debido a la inestabilidad de la quebrada.

El costo total del proyecto fue de \$4'061,380.08 dólares, pero esto fue el costo de todos los rubros, para poder hacer una comparación más precisa es necesario considerar en el puente construido en acero, los rubros que abarquen solamente la construcción del puente como tal, es decir, que los rubros entre los dos puentes sean semejantes. Los precios unitarios que se manejaron en la construcción del puente en acero fueron obtenidos gracias a la colaboración del departamento de fiscalización de la EPMMOP, en el informe proporcionado por esta institución se pudo tener acceso a los precios unitarios, las cantidades y las modificaciones del contrato, así como también se tuvo acceso a planos, informes detallados del diseño y otra información que fue de gran utilidad para el autor de este trabajo. El presupuesto referencial obtenido por el autor de esta tesis es de \$4'455,594.45 dólares.

Si bien el costo del puente actualmente existente es menor, hay que considerar algunos detalles importantes para determinar cuál de los puentes sería la mejor alternativa en caso de que la construcción del puente debería realizársela ahora. Algunos puntos son muy

importantes para considerar dentro de los precios unitarios de cada uno de los puentes. En el puente construido en acero se manejaron costos muy bajos comparados a los que actualmente se están manejando, sobre todo, en lo que consiste al acero estructural. Dentro del precio unitario del hormigón de 420 kg/cm<sup>2</sup> para el puente diseñado en hormigón pretensado, es importante resaltar, que se encuentra considerada la compra del sistema de encofrado móvil y que este sistema se pagaría tan solo con este proyecto. Esta situación se ha considerado para propósitos de esta tesis, sin embargo, es una situación que no se da en la vida real, ya que estos equipos se adquieren considerando que se paguen en por lo menos dos proyectos similares. Si consideramos un valor más bajo al precio unitario establecido se puede apreciar que el costo de un puente de hormigón pretensado es inferior al costo de un puente realizado en acero.

Es importante también considerar que en el puente que está en servicio actualmente se utilizaron vigas de hormigón pretensado o preesforzado. Esto sin duda se lo hizo ya que el hormigón preesforzado es más económico que el acero estructural. Esto refuerza la teoría de que el hormigón pretensado es una tecnología más conveniente que el acero. A continuación se presentarán tablas de los rubros y cantidades del puente diseñado en esta tesis, de los rubros semejantes del puente actualmente en servicio y una tabla modificada con precios unitarios que se están manejando hoy en día por el ministerio de obras públicas en lo que se refiere al acero estructural, su adquisición, su fabricación y su montaje.

Estas tablas indicarán más claramente las diferencias entre los dos procesos constructivos y las dos tecnologías que se están comparando.



RESUMEN DE MATERIALES PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO					
RUBRO	DESCRIPCION	unidad	cantidad	precio unitario	costo total
<b>Superestructura</b>					
405-5	Capa rodad. horm. asfalt. mezc.planta e=0.05 m.	m2	4,620.00	6.16	28,459.20
309-6(4)E	Transporte de mezcla asfáltica para capa de rodadura	m3-km	138,600.00	0.18	24,948.00
405-2(1)	Asfalto diluido tipo.....grado....., para riego de adherencia	l.	4,620.00	0.54	2,494.80
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"A"(f'c=420 kg/cm2)	m3	3,291.60	308.03	1,013,911.55
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"B"(f'c=210 kg/cm2)	m3	103.00	198.49	20,444.47
503(6)E	Juntas de dilatacion y contraccion (Tipo III-MOP)	m	54.00	302.08	16,312.32
504(1)	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	kg	442,635.90	1.76	779,039.18
503(7)E	Placas de neopreno tipo stup-dureza 70(50x50x15)cm	u	32.00	3,749.04	119,969.28
604-(3A)	Tubo P.V.C.preparada con acoples con estructura de horm.(D=100mm.)	m	13,240.00	5.93	78,513.20
704-1(3)	Barandales de Hormigon para puentes	m	800.00	95.46	76,368.00
507-(8)Eb	Acero para pretensado fy=4200kg/cm2	kg	324,427.68	3.40	1,103,054.11
	Material de grouting	m3	58.10	123.14	7,154.43
					3,270,668.54
<b>Infraestructura</b>					
307-2(2)	Excavacion y relleno para puentes	m3	2,120.58	12.71	26,952.57
503(4)	Horm.estruc.cemento portland clase"E"(f'c=180 kg/cm2 replantillos)	m3	72.40	101.86	7,374.66
503(2)	Horm.estruc.cemento portland clase"B"(f'c=210 kg/cm2)	m3	2,255.47	198.49	447,688.24
503(5)	Pilas de cimentación (caissons) phi=3.00 m. 15 m de profundidad	u	20.00	11,699.77	233,995.40
504(1)	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	kg	266,429.00	1.76	468,915.04
					1,184,925.92
Presupuesto referencial					4,455,594.45

Tabla 10.1. Presupuesto referencial del puente en hormigón pretensado y volados sucesivos.

RESUMEN DE MATERIALES PUENTE EN ACERO Y ALGUNAS VIGAS EN HORM. PRET.					
RUBRO	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	precio unitario	costo TOTAL
INFRAESTRUCTURA					
307-2(2)	EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA PUENTES	m3	19060.67	5.86	111695.5262
503(2)	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE B $f'c=240$ kg/cm2	m3	2437.84	127.83	311629.0872
503(3)	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE E $f'c=180$ kg/cm2 (REPLANTILLOS)	m3	90.8	110.32	10017.056
504(1)	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS $f_y = 4200$ kg/cm2.	kg	241370.91	0.92	222061.2372
501.9(1)	PILAS DE CIMENTACIÓN (CAISSONS) $\Phi = 2.25$ m	m	79.36	763.28	60573.9008
501.9(2)	PILAS DE CIMENTACIÓN (CAISSONS) $\Phi = 3.00$ m	m	68	1084.95	73776.6
503(7)Ea	PLACAS DE NEOPRENO 35X35X2 DUREZA SHORE 60°	U	60	48.51	2910.6
				Sub total	792,664.01
SUPERESTRUCTURA					
405(4)	CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFALTICO MEZCLADO EN SITIO $e=5$ cm.	m2	4504.32	4.39	19773.9648
503(1) a	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE A $f'c = 350$ kg/cm2. (vigas preesf)	m3	302	273.41	82569.82
503(1)b	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE B $f'c = 280$ kg/cm2.(losa tramo met).	m3	688.2	148.57	102245.874
503(2)	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE B $f'c = 240$ kg/cm2.	m3	529.25	130.1	68855.425
504(1)	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS $f_y = 4200$ kg/cm2.	kg	202254.34	0.92	186073.9928
504(1)a	ACERO DE REFUERZO $f_p = 16000$ kg/cm2	kg	18545	3.49	64722.05
607-6E	TUBO PVC $\Phi 110$ mm. PARA DRENAJE	m	82	5.51	451.82
832-6	JUNTA DE DILATACION TIPO JNA-52	m	132.5	480.2	63626.5
					588,319.45
ESTRUCTURAS DE ACERO					
505(1)a	SUMINISTRO DE ACERO ESTRUCTURAL A36	kg	82442.2	0.85	70075.87
505(1)b	FABRICACION DE ACERO ESTRUCTURAL A36	kg	82442.2	0.46	37923.412
505(1)c	MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL A36	kg	82442.2	0.43	35450.146
505(1)d	SUMINISTRO Y FABRICACION DE ACERO ESTRUCTURAL A-307 PARA PERNOS	kg	37.52	5.64	211.6128
505(2)a	SUMINISTRO DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-588	kg	743677.98	0.85	632126.283
505(2)b	FABRICACION DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-588	kg	743677.98	0.46	342091.8708
505(2)c	MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-588	kg	743677.98	0.43	319781.5314
					1,437,660.726
TOTAL					2,818,644.18

Tabla 10.2. Rubros, cantidades y precios unitarios utilizados durante la construcción. (2004)

RESUMEN DE MATERIALES PUENTE DE HORMIGÓN PRTENSADO					
RUBRO	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	precio unitario	costo total
INFRAESTRUCTURA					
307-2(2)	EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA PUENTES	m3	19060.7	12.71	242261.1157
503(2)	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE B f'c=240 kg/cm2	m3	2437.84	218.34	532275.5478
503(3)	HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND CLASE E f'c=180kg/cm2 (REPLANTILLOS)	m3	90.8	101.86	9248.888
504(1)	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS fy = 4200 kg/cm2.	kg	241371	1.76	424812.8016
501.9(1)	PILAS DE CIMENTACIÓN (CAISSONS) PHI= 2.25 m	m	79.36	763.28	60573.9008
501.9(2)	PILAS DE CIMENTACIÓN (CAISSONS) PHI = 3.00 m	m	68	1084.95	73776.6
503(7)Ea	PLACAS DE NEOPRENO 35X35X2 DUREZA SHORE 60°	U	60	196	11760
					1,354,708.85
SUPERESTRUCTURA					
405(4)	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN SITIO e=5 cm.	m2	4504.32	6.43	28962.7776
503(1) a	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE A f'c = 350 kg/cm2. (vigas preesf)	m3	302	287.0805	86698.311
503(1)b	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE B f'c = 280 kg/cm2. (losa tramo met).	m3	688.2	228.26	157090.9407
503(2)	HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND CLASE B f'c = 240 kg/cm2.	m3	529.25	218.34	115555.9158
504(1)	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS fy = 4200 kg/cm2.	kg	202254	1.76	355967.6384
504(1)a	ACERO DE REFUERZO fp = 16000 kg/cm2	kg	18545	4.836	89683.62
607-6E	TUBO PVC PHI 110 mm. PARA DRENAJE	m	82	5.51	451.82
832-6	JUNTA DE DILATAACION TIPO JNA-52	m	132.5	480.2	63626.5
					898,037.5235
ESTRUCTURAS DE ACERO					
505(1)a	SUMINISTRO DE ACERO ESTRUCTURAL A36	kg	82442.2	1.65	136029.63
505(1)b	FABRICACION DE ACERO ESTRUCTURAL A36	kg	82442.2	1.35	111296.97
505(1)c	MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL A36	kg	82442.2	1.7	140151.74
505(1)d	SUMINISTRO Y FABRICACION DE ACERO ESTRUCTURAL A-307 PARA PERNOS	kg	37.52	7.614	285.67728
505(2)a	SUMINISTRO DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A- 588	kg	743678	1.65	1227068.667
505(2)b	FABRICACION DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A- 588	kg	743678	1.35	1003965.273
505(2)c	MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-588	kg	743678	1.7	1264252.566
					3,883,050.523
TOTAL					6,135,796.90

Tabla 10.3. Rubros, cantidades y precios unitarios modificados según P.U. del MTOP(2011).

Las tablas anteriores constan de los rubros principales de la superestructura e infraestructura de los puentes en hormigón pretensado y en acero respectivamente. Los precios unitarios en la última tabla fueron modificados a los precios unitarios referenciales que está manejando el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para la obra del “Anillo Vial de Quevedo”, y que fue adjudicada en Agosto del 2011. En esta obra consta la construcción de un puente sobre el río Quevedo, el cuál ha sido diseñado en acero. El puente tendrá una longitud de 215 metros. Se han utilizado estos precios unitarios ya que son los precios que maneja el MTOP actualmente. Se consideraron estos precios ya que son los precios unitarios de una obra de similares características a la considerada en este trabajo y porque se sabe que el MTOP determina esos precios basados en muchos estudios considerando precios actualizados.

Los otros rubros como hormigón, carpeta asfáltica y acero de refuerzo se han considerado iguales que los determinados por el diseñador del puente en hormigón pretensado y volados sucesivos. Así se puede tener una apreciación más clara del costo de los dos tipos de puentes calculados con los precios unitarios iguales para los dos casos. Esta es la única manera de evaluar justamente, cuál de los dos métodos de diseño y construcción es más económico, y por ende, más rentable para el país.

Con estos precios el costo del puente, considerando simplemente los rubros más importantes, asciende a \$ 6'135,796.90 dólares. Y el costo del puente diseñado en hormigón pretensado y volados sucesivos, considerando la adquisición del sistema de encofrado móvil y el pago del mismo al término de la obra es de \$ 4'455,594.45 dólares. La diferencia de costos es de más de un millón y medio de dólares, lo que quiere decir una diferencia de \$4,200.51 dólares por metro lineal de puente. Esta es una diferencia muy importante en cuanto a costos,

y considerando todos los puentes que se han construido o que se construirán en el país en acero, se puede apreciar claramente que el país se está viendo perjudicado.

Se puede decir, sin embargo, que los precios unitarios utilizados en el acero son los precios unitarios referenciales y no son los precios con que se construirá la obra, y es verdad. Pero estos precios no bajarán en tal magnitud de que el costo pueda ser menor, y si así fuera, no se debe olvidar que los precios unitarios incluidos por el autor de esta obra están considerando un valor alto en cuanto a utilidades y costos indirectos, además de la adquisición del sistema de encofrado móvil y del pago de la totalidad de su adquisición solamente con este proyecto. Lo que significa que para el siguiente puente, la empresa constructora podrá reducir el costo del segundo rubro más importante de la construcción, de una manera muy considerable.

El costo de la construcción de un puente en hormigón pretensado y volados sucesivos puede ir disminuyendo mientras más experiencia se tenga en el uso de esta tecnología. Para la realización de esta tesis se pidió una cotización, a dos empresas extranjeras, sobre el precio de un sistema de encofrado móvil que funcione para las características del puente que fue diseñado. Lastimosamente solo se tuvo respuesta de una de ellas y es una empresa llamada Waiko Group. Esta empresa cotizó su sistema en \$350,000 dólares FOB, en Port Klang, Malasia. Y se consideró un costo adicional de \$125,000 dólares de gastos en transporte, aduanas y ensamblaje en el Ecuador. Estos \$475,000 dólares fueron considerados en el precio unitario de cada metro cúbico de hormigón de  $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$ , para que este sistema se pague con un solo proyecto. Esto sin duda incrementa el costo del puente.

“The form traveller system is acclaimed for enhancing the cost-effectiveness of bridge projects worldwide. The system is lightweight, versatile, easy to assemble and operate, rolling forward on rails, the system can be reset quickly and easily.

The form traveller is used for free cantilever construction of post-tensioned box girder - and cable-stayed concrete bridges. Engineering to international standards, the system provides an exceptionally rigid formwork, with a maximum deflection of less than 25mm at full loading.

The Standard form traveller is designed for a maximum segment length of 5 m and load capacities (concrete and formwork) varying from 250t to 400t. The steel weight depends on the cross section of the bridge in question, but will normally vary from about 25t to 65t correspondingly. The Standard form traveller may be adapted to suite almost any cross-section, and is easily adjustable during operation to variations in segment length (up to 5 m), section height, web thickness, and deck width.”

Descripción del sistema de encofrado móvil, del cual se pidió la cotización a la empresa Waiko Group. Este extracto fue sacado de la página web de la compañía en <http://www.waikogroup.com/bridge-formwork-system/form-traveller-system.html>.



Imagen 10.1. Sistema de encofrado móvil cotizado por la empresa Waiko Group.

Según las especificaciones este sistema de encofrado funciona para el diseño que se ha realizado en este trabajo, y sería una gran opción para cualquier empresa constructora que consiga ganar un contrato de construcción de un puente en volados sucesivos. Si en el país, la construcción de puentes en volados sucesivos y hormigón pretensado, tomaría fuerza, no hay duda de que esta sería la opción más rentable para el país. Los puentes en volados sucesivos se han afianzado en todas partes del mundo porque permiten una construcción rápida, sin necesidad de una obra falsa complicada, sin la necesidad de buenos accesos, facilitando grandes luces, disminuyendo la cantidad de pilares y cimentaciones complicadas sobre terreno inestable, ríos, quebradas profundas o cualquier otro terreno. Los puentes en volados sucesivos permiten tener una obra económicamente rentable, estéticamente llamativa y estructuralmente confiable.

## CONCLUSIONES

Los puentes de hormigón pretensado en volados sucesivos es una tecnología de la construcción que se ha afianzado en todo el mundo por sus beneficios económicos, su durabilidad, su estética y su rápida construcción. El diseño de un puente en volados sucesivos es diferente al diseño de un puente en acero o de un puente de hormigón armado o con vigas de hormigón pretensado o de un puente con estructura mixta. Es diferente ya que al momento del diseño la situación más crítica sucede cuando el puente está en etapa constructiva y no cuando se encuentra bajo un determinado tren de cargas como se da en todos los puentes antes mencionados.

El diseño de un puente de hormigón pretensado en volados sucesivos no es sencillo y no es muy simple, sin embargo, tiene algunas ventajas importantes sobre los otros tipos de puentes. Este método permite obtener puentes de grandes y medianas luces que aún son económicamente rentables. Su geometría los hace estéticamente placenteros y es un diseño que optimiza las propiedades de los materiales como son: la resistencia a compresión del hormigón y la resistencia a la tracción de los cables de acero.

El método de diseño consiste en determinar la sección longitudinal del puente, la cantidad de pilares, la luz máxima, las luces de los vanos laterales, la longitud de cada dovela y la variación del peralte de la sección transversal. Cuando se ha definido estas propiedades se prosigue con el diseño de la sección transversal del puente considerando los requerimientos del mismo, tráfico promedio diario anual, número de carriles y el nivel de servicio. Después se definen los espesores de las losas, los espesores de las almas y si las almas serán verticales o diagonales. Las almas diagonales presentan una mayor dificultad constructiva pero brindan la



posibilidad de tener una sección más ancha que si se utilizan almas verticales. Utilizar almas diagonales es más óptimo estructuralmente pero podría ser más costoso y complicado de construir.

Definida la sección transversal se empieza el diseño estructural como tal, ya que podemos calcular el peso propio de la estructura y los momentos que se generarán durante la construcción considerando el peso propio de la estructura, el peso del sistema de encofrado móvil y los materiales, equipos y herramientas que se utilizarán durante la fundición de las dovelas. Con este método la situación más crítica es durante la fundición de las últimas dovelas de cada sección. Considerando esta etapa es cuando se pueden diseñar los cables de pretensado, esto incluye el tipo de cables, la cantidad de cables por dovela y la tensión que debe incluirse en cada dovela. Esto se calcula definiendo la cantidad de fuerza necesaria a incluirse en cada dovela para generar un momento flector contrario al generado por el peso propio de la estructura hasta que la estructura no tenga momentos negativos que puedan generar fisuras o daños debido a deformaciones superiores a las admisibles.

Estos momentos generados por los cables de pretensión se definen calculando la fuerza axial multiplicada por una excentricidad conocida, ya que anteriormente debe haberse definido la posición en donde irán los cables. Esta fuerza por distancia genera un momento positivo que contrarresta los momentos negativos generados por el peso propio del hormigón de la estructura. La excentricidad es la distancia entre donde se aplicará la fuerza axial y el centro de gravedad de cada dovela. En este caso se utilizaron tres cables para las dos primeras dovelas y dos cables para todas las demás. Estos cables son los cables superiores, pero hay que siempre considerar los cables de pretensión inferiores o de continuidad. Estos cables se

colocan en la parte inferior de cada dovela y sirven para asegurar la continuidad de la estructura y para corregir los momentos secundarios de pretensión que se generan cuando la estructura cambia su estado de estructura isostática a estructura hiperestática. Su tamaño y fuerza axial a aplicar se calcula después de haber analizado la estructura como una viga continua en donde la viga ha dejado de ser isostática y ha pasado a ser hiperestática. En este momento se obtienen los momentos positivos máximos de la estructura bajo carga muerta y carga de pretensado. Estos momentos positivos deben tratar de eliminarse por completo o casi por completo y para esto se incluyen los cables inferiores. Estos momentos positivos son los momentos secundarios de pretensión. De igual forma se calcula la fuerza necesaria para generar el momento negativo deseado multiplicando a la fuerza por una excentricidad en este caso negativa o hacia abajo del centro de gravedad.

Estos momentos positivos se generan por un fenómeno llamado momento secundario de pretensión y es ocasionado por la fuerza que generan los cables de pretensión que actúan como un estado de cargas sobre todo el puente. Lo que los cables de continuidad hacen es anular estos momentos y garantizar que la estructura funcione como una viga continua que es lo que se busca en este diseño.

Después de definida la sección longitudinal y transversal se debe realizar el diseño de los pilares del puente y estos dependerán de la altura que deban tener, del riesgo sísmico de la zona, de las fuerzas naturales que contra ellos actúen (ríos, mares, viento, palizadas, etc.). En este diseño los pilares se ubicaban en una quebrada seca en donde la condición de diseño fue la sismicidad de la zona y la altura de los pilares. Estas condiciones hicieron que se diseñen pilares lo suficientemente rígidos para soportar todas las condiciones bajo las cuales se analizó

la estructura. El sismo fue la condición más crítica y la decisión de diseñar un pilar rectangular hueco fue acertada. El diseño consistió en definir la cantidad de hierro a utilizarse y el espesor de las paredes de hormigón.

El diseño de los estribos consistió en definir una estructura lo suficientemente estable para que no falle por volteo, ni por deslizamiento, ni por capacidad de carga. Es importante señalar que la fuerza sísmica es una fuerza importante y puede afectar la estabilidad de la estructura. El diseño de hormigón armado se realizó analizando al estribo como una viga en voladizo y a la cimentación como una zapata. Luego se comprobó que la fuerza axial no sea mayor a la que puede resistir la estructura.

La cimentación de los pilares se diseño basado en las recomendaciones hechas por la empresa Geosuelos a la empresa constructora Consermin S.A. El diseño de los caissons de 3 metros de diámetro será el mismo que se utilizó en el puente que está actualmente construido. Sobre los caissons se diseñaron zapatas de cimentación que servirán como conexión entre los pilares y los caissons, estas zapatas permiten tener una buena distribución de cargas y son un soporte para toda la estructura.

Del estudio y análisis que se hizo sobre el puente construido en acero se puede concluir que fue un diseño muy complicado y que no se consideraron las mejores opciones para lanzar o colocar las vigas en su posición final. El sistema de teleférico utilizado fue muy complicado y requirió de mucho tiempo para la colocación de las vigas. El sistema de movilización de las vigas no permitía tener vigas de grandes longitudes ya que el peso hubiera sido demasiado grande. Esto significó que tengan que construirse tornapuntas para poder reducir la luz central hasta 50 metros.

El estado de carga crítico de un puente en acero se encuentra utilizando líneas de influencia y así poder determinar esa situación en específico, para puentes en volados sucesivos el estado de cargas crítico se da durante la construcción del puente y esto facilita los cálculos y garantiza que al terminarse la construcción el puente soportará todas las demás situaciones así sean eventos extremos de sismo. La estructura en hormigón pretensado y volados sucesivos permite tener luces grandes y así reducir la cantidad de pilas o tornapuntas. Si bien en este caso la reducción fue de dos pilares y dos tornapuntas en el puente de acero a solo dos pilares en el puente de hormigón pretensado y volados sucesivos; en otros casos esta reducción podría ser mayor generando un mayor ahorro económico para el país.

La construcción de pilares, pilas o columnas es siempre un trabajo difícil y que toma tiempo, más aún si esto debe hacerse en un río, en un brazo de mar o sobre un lago. Utilizando puentes en volados sucesivos se puede reducir la cantidad de pilas necesarias, acortando los tiempos de construcción y reduciendo los costos del proyecto en general. En este trabajo se demostró que utilizando los mismos precios unitarios referenciales se obtiene un ahorro de \$4,200 dólares por metro lineal de puente o de \$363.68 dólares por metro cuadrado de tablero si se construye un puente de hormigón pretensado y volados sucesivos en vez de un puente en acero y con vigas de hormigón postensado.

El presupuesto referencial del puente diseñado en esta tesis fue de \$4'455,594.45 dólares considerando los rubros más importantes y aquellos rubros que pueden compararse entre los dos puentes. El presupuesto referencial obtenido utilizando las cantidades originales y los precios unitarios equivalentes y actualizados del puente que fue construido en acero fue de \$6'135,796.90 dólares. Esto es \$1'680,202.45 dólares menos, lo que equivale a un 27.4%

menos del costo total del proyecto. Si se considera la cantidad de puentes que deben construirse en nuestro país se puede apreciar el beneficio que significaría para el estado ecuatoriano construir más puentes en hormigón pretensado y volados sucesivos.

Hay que señalar que los precios unitarios utilizados para el acero estructural, su fabricación y su montaje fueron obtenidos de los pliegos de una licitación realizada por el MTOP. Esto quiere decir que los precios podrían ser menores a los considerados, sin embargo, la reducción de los mismos no podría llegar a ser tan importante como para que el presupuesto sea inferior que al del puente diseñado por el autor de este trabajo. Además, en este diseño se ha considerado el costo total del sistema de encofrado móvil y se ha dejado de lado el costo de mantenimiento regular que debe dárseles a los puentes de acero para evitar su corrosión y su deterioro.

Por último solo queda mencionar que no es raro que en todo el mundo se estén construyendo puentes de hormigón pretensado y en volados sucesivos y que los puentes de acero hayan dejado de construirse en tanta cantidad. No es bueno para el país que esta tecnología se esté demorando tanto en afianzarse como el mejor método de construcción para puentes que tengan luces de entre 60 y 320 metros. Luces que para nuestro país, prácticamente, satisfacerían todas las necesidades.

## REFERENCIAS

Mathivat, T. “Construcción de Puentes de Hormigón Pretensado por voladizos sucesivos”. Editores Técnicos Asociados. Barcelona, España 1980.

Hewson, Nigel. “Prestressed concrete bridges: design and construction”. Thomas Telford Books, London 2006.

Prestressed concrete bridges built by the cantilever method. Phillipe Vion y Emmanuel Bouchon. Noviembre 26-29 Nueva Delhi. Simposio de ingeniería civil.

Prestressed Concrete Structures. Dr. Amlan K Sengupta. Indian Institute of Technology Madras.

Grattasat, G. “Concepción de puentes, tratado general”. Editores técnicos asociados, Barcelona, España. 1981.

ACI COMMITTEE REPORT, Bridge Analysis and design, Estados Unidos. 2006.

Romo, Marcelo. Guías de la clase de puentes de la USFQ, Quito. 2008

Romo, Marcelo. Guías de la clase de hormigón armado de la ESPE, Quito. 2008

Romo, Fernando. Puentes en volados Sucesivos. XI Curso nacional de estructuras. Quito.

Podolny Jr, Walter. “Construction and design of prestressed concrete segmental bridges”. John Wiley and Sons inc. Estados Unidos. 1982.

Janssen, H.H: et al. "Precast segmental box girder bridge manual".

Das, Braja M. "Fundamentos de ingeniería geotécnica". Thomson Learning, México  
D.F. 2001.

PCI Bridge Design Manual, Estados Unidos, 2002.

## APÉNDICES

### Apéndice A.

Tabla de resultados del análisis de las secciones transversales de 2.8 y 5.5 metros de peralte.

Sección transversal Peralte 2.8 metros.

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3	ElemStation
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	m
3	0	DEAD	LinStatic	0	-1.776E-15	-1.776E-15	0
3	0.25	DEAD	LinStatic	0	0.3725	-0.04656	0.25
3	0.25	DEAD	LinStatic	0	0.3725	-0.04656	0.25
3	0.61667	DEAD	LinStatic	0	0.9188	-0.28331	0.61667
3	0.98333	DEAD	LinStatic	0	1.4652	-0.72037	0.98333
3	1.35	DEAD	LinStatic	0	2.0115	-1.35776	1.35
3	1.35	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	2.0115	-1.35776	0
3	1.7	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	2.5515	-2.15521	0.35
3	2.05	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	3.1287	-3.14817	0.7
3	2.05	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	3.1287	-3.14817	0.7
3	2.49067	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	3.908	-4.69642	1.14067
3	2.93133	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	4.7461	-6.60105	1.58133
3	3.372	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	5.643	-8.88796	2.022
3	3.372	DEAD	LinStatic	2.5361	-5.7725	-7.88616	0
3	3.83	DEAD	LinStatic	2.5361	-4.8098	-5.4628	0.458
3	3.83	DEAD	LinStatic	2.5361	-4.8098	-5.4628	0
3	3.85	DEAD	LinStatic	2.5361	-4.7678	-5.36703	0.02
3	3.85	DEAD	LinStatic	2.5361	-4.7678	-5.36703	0.02
3	4.34333	DEAD	LinStatic	2.5361	-3.7845	-3.26153	0.51333
3	4.83667	DEAD	LinStatic	2.5361	-2.9005	-1.61663	1.00667
3	5.33	DEAD	LinStatic	2.5361	-2.1158	-0.38335	1.5
3	5.33	DEAD	LinStatic	2.5361	-2.1158	-0.38335	0
3	5.65	DEAD	LinStatic	2.5361	-1.639	0.21741	0.32
3	5.65	DEAD	LinStatic	2.5361	-1.639	0.21741	0.32
3	5.85	DEAD	LinStatic	2.5361	-1.341	0.51541	0.52
3	5.85	DEAD	LinStatic	2.5361	-1.341	0.51541	0.52
3	6.25	DEAD	LinStatic	2.5361	-0.745	0.93261	0.92
3	6.65	DEAD	LinStatic	2.5361	-0.149	1.11141	1.32
3	7.05	DEAD	LinStatic	2.5361	0.447	1.05181	1.72
3	7.45	DEAD	LinStatic	2.5361	1.043	0.75381	2.12
3	7.45	DEAD	LinStatic	2.5361	1.043	0.75381	2.12
3	7.65	DEAD	LinStatic	2.5361	1.341	0.51541	2.32
3	7.65	DEAD	LinStatic	2.5361	1.341	0.51541	2.32



3	7.91	DEAD	LinStatic	2.5361	1.7284	0.11639	2.58
3	8.17	DEAD	LinStatic	2.5361	2.1158	-0.38335	2.84
3	8.17	DEAD	LinStatic	2.5361	2.1158	-0.38335	0
3	8.67	DEAD	LinStatic	2.5361	2.9118	-1.636	0.5
3	9.17	DEAD	LinStatic	2.5361	3.8098	-3.31215	1
3	9.67	DEAD	LinStatic	2.5361	4.8098	-5.4628	1.5
3	9.67	DEAD	LinStatic	2.5361	4.8098	-5.4628	0
3	10.128	DEAD	LinStatic	2.5361	5.7725	-7.88616	0.458
3	10.128	DEAD	LinStatic	0	-5.643	-8.88796	0
3	10.5324	DEAD	LinStatic	0	-4.8177	-6.77447	0.4044
3	10.9368	DEAD	LinStatic	0	-4.0419	-4.98472	0.8088
3	11.3412	DEAD	LinStatic	0	-3.3156	-3.4987	1.2132
3	11.7456	DEAD	LinStatic	0	-2.6388	-2.29639	1.6176
3	12.15	DEAD	LinStatic	0	-2.0115	-1.35776	2.022
3	12.15	DEAD	LinStatic	0	-2.0115	-1.35776	0
3	12.6	DEAD	LinStatic	0	-1.341	-0.60345	0.45
3	13.05	DEAD	LinStatic	0	-0.6705	-0.15086	0.9
3	13.5	DEAD	LinStatic	0	6.661E-16	3.331E-16	1.35
3	0	LIVE	LinStatic	-2.274E-13	2.842E-14	0	0
3	0.25	LIVE	LinStatic	-2.274E-13	2.842E-14	-7.105E-15	0.25
3	0.25	LIVE	LinStatic	-2.274E-13	11	-7.105E-15	0.25
3	0.61667	LIVE	LinStatic	-2.274E-13	11	-4.03333	0.61667
3	0.98333	LIVE	LinStatic	-2.274E-13	11	-8.06667	0.98333
3	1.35	LIVE	LinStatic	-2.274E-13	11	-12.1	1.35
3	1.35	LIVE	LinStatic	-4.547E-13	11	-12.1	0
3	1.7	LIVE	LinStatic	-4.547E-13	11	-15.95	0.35
3	2.05	LIVE	LinStatic	-4.547E-13	11	-19.8	0.7
3	2.05	LIVE	LinStatic	-4.547E-13	22	-19.8	0.7
3	2.49067	LIVE	LinStatic	-4.547E-13	22	-29.49467	1.14067
3	2.93133	LIVE	LinStatic	-4.547E-13	22	-39.18933	1.58133
3	3.372	LIVE	LinStatic	-4.547E-13	22	-48.884	2.022
3	3.372	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-18.25757	0
3	3.83	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-15.97443	0.458
3	3.83	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-15.97443	0
3	3.85	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-15.87473	0.02
3	3.85	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-15.87473	0.02
3	4.34333	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-13.41546	0.51333
3	4.83667	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-10.95619	1.00667
3	5.33	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-8.49692	1.5
3	5.33	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-8.49692	0
3	5.65	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-6.90171	0.32
3	5.65	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-6.90171	0.32

3	5.85	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-5.90471	0.52
3	5.85	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-5.90471	0.52
3	6.25	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-3.91071	0.92
3	6.65	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	-1.9167	1.32
3	7.05	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	0.0773	1.72
3	7.45	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	2.07131	2.12
3	7.45	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	2.07131	2.12
3	7.65	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	3.06831	2.32
3	7.65	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	3.06831	2.32
3	7.91	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	4.36441	2.58
3	8.17	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	5.66051	2.84
3	8.17	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	5.66051	0
3	8.67	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	8.15302	0.5
3	9.17	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	10.64552	1
3	9.67	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	13.13803	1.5
3	9.67	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	13.13803	0
3	10.128	LIVE	LinStatic	13.7725	-4.985	15.42116	0.458
3	10.128	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	0
3	10.5324	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	0.4044
3	10.9368	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	0.8088
3	11.3412	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	1.2132
3	11.7456	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	1.6176
3	12.15	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	2.022
3	12.15	LIVE	LinStatic	0	0	3.553E-15	0
3	12.6	LIVE	LinStatic	0	0	3.553E-15	0.45
3	13.05	LIVE	LinStatic	0	0	3.553E-15	0.9
3	13.5	LIVE	LinStatic	0	0	3.553E-15	1.35
3	0	LIVE1	LinStatic	-5.684E-14	7.105E-15	3.553E-15	0
3	0.25	LIVE1	LinStatic	-5.684E-14	7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.25	LIVE1	LinStatic	-5.684E-14	7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.61667	LIVE1	LinStatic	-5.684E-14	7.105E-15	-8.29E-16	0.61667
3	0.98333	LIVE1	LinStatic	-5.684E-14	7.105E-15	-3.434E-15	0.98333
3	1.35	LIVE1	LinStatic	-5.684E-14	7.105E-15	-6.04E-15	1.35
3	1.35	LIVE1	LinStatic	-1.137E-13	3.553E-15	-3.553E-15	0
3	1.7	LIVE1	LinStatic	-1.137E-13	3.553E-15	-4.796E-15	0.35
3	2.05	LIVE1	LinStatic	-1.137E-13	3.553E-15	-6.04E-15	0.7
3	2.05	LIVE1	LinStatic	-1.137E-13	11	-6.04E-15	0.7
3	2.49067	LIVE1	LinStatic	-1.137E-13	11	-4.84733	1.14067
3	2.93133	LIVE1	LinStatic	-1.137E-13	11	-9.69467	1.58133
3	3.372	LIVE1	LinStatic	-1.137E-13	11	-14.542	2.022
3	3.372	LIVE1	LinStatic	4.0643	-12.2767	-9.81396	0
3	3.83	LIVE1	LinStatic	4.0643	-12.2767	-4.19123	0.458

3	3.83	LIVE1	LinStatic	4.0643	-12.2767	-4.19123	0
3	3.85	LIVE1	LinStatic	4.0643	-12.2767	-3.9457	0.02
3	3.85	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-3.9457	0.02
3	4.34333	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-3.31586	0.51333
3	4.83667	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-2.68602	1.00667
3	5.33	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-2.05618	1.5
3	5.33	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-2.05618	0
3	5.65	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-1.64763	0.32
3	5.65	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-1.64763	0.32
3	5.85	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-1.39229	0.52
3	5.85	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-1.39229	0.52
3	6.25	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-0.88161	0.92
3	6.65	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	-0.37093	1.32
3	7.05	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	0.13975	1.72
3	7.45	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	0.65043	2.12
3	7.45	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	0.65043	2.12
3	7.65	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	0.90577	2.32
3	7.65	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	0.90577	2.32
3	7.91	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	1.23772	2.58
3	8.17	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	1.56966	2.84
3	8.17	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	1.56966	0
3	8.67	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	2.20801	0.5
3	9.17	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	2.84636	1
3	9.67	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	3.48471	1.5
3	9.67	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	3.48471	0
3	10.128	LIVE1	LinStatic	4.0643	-1.2767	4.06944	0.458
3	10.128	LIVE1	LinStatic	1.137E-13	0	-1.776E-15	0
3	10.5324	LIVE1	LinStatic	1.137E-13	0	-1.776E-15	0.4044
3	10.9368	LIVE1	LinStatic	1.137E-13	0	-1.776E-15	0.8088
3	11.3412	LIVE1	LinStatic	1.137E-13	0	-1.776E-15	1.2132
3	11.7456	LIVE1	LinStatic	1.137E-13	0	-1.776E-15	1.6176
3	12.15	LIVE1	LinStatic	1.137E-13	0	-1.776E-15	2.022
3	12.15	LIVE1	LinStatic	0	1.776E-15	0	0
3	12.6	LIVE1	LinStatic	0	1.776E-15	-7.994E-16	0.45
3	13.05	LIVE1	LinStatic	0	1.776E-15	-1.599E-15	0.9
3	13.5	LIVE1	LinStatic	0	1.776E-15	-2.398E-15	1.35
3	0	LIVE2	LinStatic	2.842E-14	0	3.553E-15	0
3	0.25	LIVE2	LinStatic	2.842E-14	0	3.553E-15	0.25
3	0.25	LIVE2	LinStatic	2.842E-14	0	3.553E-15	0.25
3	0.61667	LIVE2	LinStatic	2.842E-14	0	3.553E-15	0.61667
3	0.98333	LIVE2	LinStatic	2.842E-14	0	3.553E-15	0.98333
3	1.35	LIVE2	LinStatic	2.842E-14	0	3.553E-15	1.35

3	1.35	LIVE2	LinStatic	0	-3.553E-15	-1.776E-15	0
3	1.7	LIVE2	LinStatic	0	-3.553E-15	-5.329E-16	0.35
3	2.05	LIVE2	LinStatic	0	-3.553E-15	7.105E-16	0.7
3	2.05	LIVE2	LinStatic	0	-3.553E-15	7.105E-16	0.7
3	2.49067	LIVE2	LinStatic	0	-3.553E-15	2.276E-15	1.14067
3	2.93133	LIVE2	LinStatic	0	-3.553E-15	3.842E-15	1.58133
3	3.372	LIVE2	LinStatic	0	-3.553E-15	5.407E-15	2.022
3	3.372	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-18.7804	-17.24726	0
3	3.83	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-18.7804	-8.64585	0.458
3	3.83	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-18.7804	-8.64585	0
3	3.85	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-18.7804	-8.27024	0.02
3	3.85	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-7.7804	-8.27024	0.02
3	4.34333	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-7.7804	-4.43192	0.51333
3	4.83667	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-7.7804	-0.5936	1.00667
3	5.33	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-7.7804	3.24472	1.5
3	5.33	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-7.7804	3.24472	0
3	5.65	LIVE2	LinStatic	-4.9865	-7.7804	5.73444	0.32
3	5.65	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	5.73444	0.32
3	5.85	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	5.09052	0.52
3	5.85	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	5.09052	0.52
3	6.25	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	3.80267	0.92
3	6.65	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	2.51482	1.32
3	7.05	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	1.22697	1.72
3	7.45	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-0.06088	2.12
3	7.45	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-0.06088	2.12
3	7.65	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-0.7048	2.32
3	7.65	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-0.7048	2.32
3	7.91	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-1.5419	2.58
3	8.17	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-2.379	2.84
3	8.17	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-2.379	0
3	8.67	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-3.98881	0.5
3	9.17	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-5.59862	1
3	9.67	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-7.20844	1.5
3	9.67	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-7.20844	0
3	10.128	LIVE2	LinStatic	-4.9865	3.2196	-8.68302	0.458
3	10.128	LIVE2	LinStatic	-2.842E-14	-4.441E-16	-1.776E-15	0
3	10.5324	LIVE2	LinStatic	-2.842E-14	-4.441E-16	-1.597E-15	0.4044
3	10.9368	LIVE2	LinStatic	-2.842E-14	-4.441E-16	-1.417E-15	0.8088
3	11.3412	LIVE2	LinStatic	-2.842E-14	-4.441E-16	-1.238E-15	1.2132
3	11.7456	LIVE2	LinStatic	-2.842E-14	-4.441E-16	-1.058E-15	1.6176
3	12.15	LIVE2	LinStatic	-2.842E-14	-4.441E-16	-8.784E-16	2.022
3	12.15	LIVE2	LinStatic	0	8.882E-16	0	0

3	12.6	LIVE2	LinStatic	0	8.882E-16	-3.997E-16	0.45
3	13.05	LIVE2	LinStatic	0	8.882E-16	-7.994E-16	0.9
3	13.5	LIVE2	LinStatic	0	8.882E-16	-1.199E-15	1.35
3	0	LIVE3	LinStatic	0	7.105E-15	3.553E-15	0
3	0.25	LIVE3	LinStatic	0	7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.25	LIVE3	LinStatic	0	7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.61667	LIVE3	LinStatic	0	7.105E-15	-8.29E-16	0.61667
3	0.98333	LIVE3	LinStatic	0	7.105E-15	-3.434E-15	0.98333
3	1.35	LIVE3	LinStatic	0	7.105E-15	-6.04E-15	1.35
3	1.35	LIVE3	LinStatic	2.842E-14	0	0	0
3	1.7	LIVE3	LinStatic	2.842E-14	0	0	0.35
3	2.05	LIVE3	LinStatic	2.842E-14	0	0	0.7
3	2.05	LIVE3	LinStatic	2.842E-14	0	0	0.7
3	2.49067	LIVE3	LinStatic	2.842E-14	0	0	1.14067
3	2.93133	LIVE3	LinStatic	2.842E-14	0	0	1.58133
3	3.372	LIVE3	LinStatic	2.842E-14	0	0	2.022
3	3.372	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	-22.78357	0
3	3.83	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	-17.34603	0.458
3	3.83	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	-17.34603	0
3	3.85	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	-17.10858	0.02
3	3.85	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	-17.10858	0.02
3	4.34333	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	-11.25155	0.51333
3	4.83667	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	-5.39452	1.00667
3	5.33	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	0.46252	1.5
3	5.33	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	0.46252	0
3	5.65	LIVE3	LinStatic	-9.715	-11.8724	4.26167	0.32
3	5.65	LIVE3	LinStatic	-9.715	-0.8724	4.26167	0.32
3	5.85	LIVE3	LinStatic	-9.715	-0.8724	4.43615	0.52
3	5.85	LIVE3	LinStatic	-9.715	-0.8724	4.43615	0.52
3	6.25	LIVE3	LinStatic	-9.715	-0.8724	4.78509	0.92
3	6.65	LIVE3	LinStatic	-9.715	-0.8724	5.13404	1.32
3	7.05	LIVE3	LinStatic	-9.715	-0.8724	5.48298	1.72
3	7.45	LIVE3	LinStatic	-9.715	-0.8724	5.83193	2.12
3	7.45	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	5.83193	2.12
3	7.65	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	3.8064	2.32
3	7.65	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	3.8064	2.32
3	7.91	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	1.17321	2.58
3	8.17	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	-1.45997	2.84
3	8.17	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	-1.45997	0
3	8.67	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	-6.52379	0.5
3	9.17	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	-11.58761	1
3	9.67	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	-16.65143	1.5

3	9.67	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	-16.65143	0
3	10.128	LIVE3	LinStatic	-9.715	10.1276	-21.28988	0.458
3	10.128	LIVE3	LinStatic	0	0	-1.066E-14	0
3	10.5324	LIVE3	LinStatic	0	0	-1.066E-14	0.4044
3	10.9368	LIVE3	LinStatic	0	0	-1.066E-14	0.8088
3	11.3412	LIVE3	LinStatic	0	0	-1.066E-14	1.2132
3	11.7456	LIVE3	LinStatic	0	0	-1.066E-14	1.6176
3	12.15	LIVE3	LinStatic	0	0	-1.066E-14	2.022
3	12.15	LIVE3	LinStatic	0	3.553E-15	3.553E-15	0
3	12.6	LIVE3	LinStatic	0	3.553E-15	1.954E-15	0.45
3	13.05	LIVE3	LinStatic	0	3.553E-15	3.553E-16	0.9
3	13.5	LIVE3	LinStatic	0	3.553E-15	-1.243E-15	1.35
3	0	LIVE4	LinStatic	3.553E-15	-3.553E-15	0	0
3	0.25	LIVE4	LinStatic	3.553E-15	-3.553E-15	8.882E-16	0.25
3	0.25	LIVE4	LinStatic	3.553E-15	-3.553E-15	8.882E-16	0.25
3	0.61667	LIVE4	LinStatic	3.553E-15	-3.553E-15	2.191E-15	0.61667
3	0.98333	LIVE4	LinStatic	3.553E-15	-3.553E-15	3.494E-15	0.98333
3	1.35	LIVE4	LinStatic	3.553E-15	-3.553E-15	4.796E-15	1.35
3	1.35	LIVE4	LinStatic	7.105E-15	0	3.553E-15	0
3	1.7	LIVE4	LinStatic	7.105E-15	0	3.553E-15	0.35
3	2.05	LIVE4	LinStatic	7.105E-15	0	3.553E-15	0.7
3	2.05	LIVE4	LinStatic	7.105E-15	0	3.553E-15	0.7
3	2.49067	LIVE4	LinStatic	7.105E-15	0	3.553E-15	1.14067
3	2.93133	LIVE4	LinStatic	7.105E-15	0	3.553E-15	1.58133
3	3.372	LIVE4	LinStatic	7.105E-15	0	3.553E-15	2.022
3	3.372	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-22.14826	0
3	3.83	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-17.11026	0.458
3	3.83	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-17.11026	0
3	3.85	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-16.89026	0.02
3	3.85	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-16.89026	0.02
3	4.34333	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-11.4636	0.51333
3	4.83667	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-6.03693	1.00667
3	5.33	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-0.61026	1.5
3	5.33	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	-0.61026	0
3	5.65	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	2.90974	0.32
3	5.65	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	2.90974	0.32
3	5.85	LIVE4	LinStatic	-9.7731	-11	5.10974	0.52
3	5.85	LIVE4	LinStatic	-9.7731	5.329E-15	5.10974	0.52
3	6.25	LIVE4	LinStatic	-9.7731	5.329E-15	5.10974	0.92
3	6.65	LIVE4	LinStatic	-9.7731	5.329E-15	5.10974	1.32
3	7.05	LIVE4	LinStatic	-9.7731	5.329E-15	5.10974	1.72
3	7.45	LIVE4	LinStatic	-9.7731	5.329E-15	5.10974	2.12

3	7.45	LIVE4	LinStatic	-9.7731	5.329E-15	5.10974	2.12
3	7.65	LIVE4	LinStatic	-9.7731	5.329E-15	5.10974	2.32
3	7.65	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	5.10974	2.32
3	7.91	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	2.24974	2.58
3	8.17	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	-0.61026	2.84
3	8.17	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	-0.61026	0
3	8.67	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	-6.11026	0.5
3	9.17	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	-11.61026	1
3	9.67	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	-17.11026	1.5
3	9.67	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	-17.11026	0
3	10.128	LIVE4	LinStatic	-9.7731	11	-22.14826	0.458
3	10.128	LIVE4	LinStatic	0	-1.066E-14	-2.487E-14	0
3	10.5324	LIVE4	LinStatic	0	-1.066E-14	-2.056E-14	0.4044
3	10.9368	LIVE4	LinStatic	0	-1.066E-14	-1.625E-14	0.8088
3	11.3412	LIVE4	LinStatic	0	-1.066E-14	-1.194E-14	1.2132
3	11.7456	LIVE4	LinStatic	0	-1.066E-14	-7.628E-15	1.6176
3	12.15	LIVE4	LinStatic	0	-1.066E-14	-3.318E-15	2.022
3	12.15	LIVE4	LinStatic	0	-3.553E-15	0	0
3	12.6	LIVE4	LinStatic	0	-3.553E-15	1.599E-15	0.45
3	13.05	LIVE4	LinStatic	0	-3.553E-15	3.197E-15	0.9
3	13.5	LIVE4	LinStatic	0	-3.553E-15	4.796E-15	1.35
3	0	VIENTO	LinStatic	5.684E-14	0	0	0
3	0.25	VIENTO	LinStatic	5.684E-14	0	0	0.25
3	0.25	VIENTO	LinStatic	5.684E-14	0	0	0.25
3	0.61667	VIENTO	LinStatic	5.684E-14	0	0	0.61667
3	0.98333	VIENTO	LinStatic	5.684E-14	0	0	0.98333
3	1.35	VIENTO	LinStatic	5.684E-14	0	0	1.35
3	1.35	VIENTO	LinStatic	8.527E-14	0	4.441E-16	0
3	1.7	VIENTO	LinStatic	8.527E-14	0	4.441E-16	0.35
3	2.05	VIENTO	LinStatic	8.527E-14	0	4.441E-16	0.7
3	2.05	VIENTO	LinStatic	8.527E-14	0	4.441E-16	0.7
3	2.49067	VIENTO	LinStatic	8.527E-14	0	4.441E-16	1.14067
3	2.93133	VIENTO	LinStatic	8.527E-14	0	4.441E-16	1.58133
3	3.372	VIENTO	LinStatic	8.527E-14	0	4.441E-16	2.022
3	3.372	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	1.24679	0
3	3.83	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	1.07023	0.458
3	3.83	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	1.07023	0
3	3.85	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	1.06252	0.02
3	3.85	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	1.06252	0.02
3	4.34333	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.87234	0.51333
3	4.83667	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.68216	1.00667
3	5.33	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.49197	1.5

3	5.33	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.49197	0
3	5.65	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.36861	0.32
3	5.65	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.36861	0.32
3	5.85	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.29151	0.52
3	5.85	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.29151	0.52
3	6.25	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	0.13731	0.92
3	6.65	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.0169	1.32
3	7.05	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.1711	1.72
3	7.45	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.3253	2.12
3	7.45	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.3253	2.12
3	7.65	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.4024	2.32
3	7.65	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.4024	2.32
3	7.91	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.50263	2.58
3	8.17	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.60287	2.84
3	8.17	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.60287	0
3	8.67	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.79562	0.5
3	9.17	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-0.98837	1
3	9.67	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-1.18113	1.5
3	9.67	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-1.18113	0
3	10.128	VIENTO	LinStatic	-1.756	0.3855	-1.35769	0.458
3	10.128	VIENTO	LinStatic	0	0	1.776E-15	0
3	10.5324	VIENTO	LinStatic	0	0	1.776E-15	0.4044
3	10.9368	VIENTO	LinStatic	0	0	1.776E-15	0.8088
3	11.3412	VIENTO	LinStatic	0	0	1.776E-15	1.2132
3	11.7456	VIENTO	LinStatic	0	0	1.776E-15	1.6176
3	12.15	VIENTO	LinStatic	0	0	1.776E-15	2.022
3	12.15	VIENTO	LinStatic	0	0	8.882E-16	0
3	12.6	VIENTO	LinStatic	0	0	8.882E-16	0.45
3	13.05	VIENTO	LinStatic	0	0	8.882E-16	0.9
3	13.5	VIENTO	LinStatic	0	0	8.882E-16	1.35
3	0	DW	LinStatic	3.553E-15	0	-8.882E-16	0
3	0.25	DW	LinStatic	3.553E-15	0.2546	-0.03182	0.25
3	0.25	DW	LinStatic	3.553E-15	0.2546	-0.03182	0.25
3	0.61667	DW	LinStatic	3.553E-15	0.628	-0.19362	0.61667
3	0.98333	DW	LinStatic	3.553E-15	1.0013	-0.49232	0.98333
3	1.35	DW	LinStatic	3.553E-15	1.3747	-0.92793	1.35
3	1.35	DW	LinStatic	1.421E-14	1.3747	-0.92793	0
3	1.7	DW	LinStatic	1.421E-14	2.0067	-1.51859	0.35
3	2.05	DW	LinStatic	1.421E-14	2.6758	-2.33695	0.7
3	2.05	DW	LinStatic	1.421E-14	2.6758	-2.33695	0.7
3	2.49067	DW	LinStatic	1.421E-14	3.5709	-3.71114	1.14067
3	2.93133	DW	LinStatic	1.421E-14	4.5248	-5.49274	1.58133



3	3.372	DW	LinStatic	1.421E-14	5.5375	-7.70765	2.022
3	3.372	DW	LinStatic	1.7174	-6.5622	-8.73415	0
3	3.83	DW	LinStatic	1.7174	-5.4791	-5.9767	0.458
3	3.83	DW	LinStatic	1.7174	-5.4791	-5.9767	0
3	3.85	DW	LinStatic	1.7174	-5.4319	-5.86759	0.02
3	3.85	DW	LinStatic	1.7174	-5.4319	-5.86759	0.02
3	4.34333	DW	LinStatic	1.7174	-4.319	-3.46647	0.51333
3	4.83667	DW	LinStatic	1.7174	-3.3053	-1.5899	1.00667
3	5.33	DW	LinStatic	1.7174	-2.391	-0.1889	1.5
3	5.33	DW	LinStatic	1.7174	-2.391	-0.1889	0
3	5.65	DW	LinStatic	1.7174	-1.8301	0.48648	0.32
3	5.65	DW	LinStatic	1.7174	-1.8301	0.48648	0.32
3	5.85	DW	LinStatic	1.7174	-1.4795	0.81744	0.52
3	5.85	DW	LinStatic	1.7174	-1.4795	0.81744	0.52
3	6.25	DW	LinStatic	1.7174	-0.7784	1.26904	0.92
3	6.65	DW	LinStatic	1.7174	-0.0773	1.4402	1.32
3	7.05	DW	LinStatic	1.7174	0.6238	1.33092	1.72
3	7.45	DW	LinStatic	1.7174	1.3249	0.94119	2.12
3	7.45	DW	LinStatic	1.7174	1.3249	0.94119	2.12
3	7.65	DW	LinStatic	1.7174	1.6754	0.64117	2.32
3	7.65	DW	LinStatic	1.7174	1.6754	0.64117	2.32
3	7.91	DW	LinStatic	1.7174	2.1311	0.14632	2.58
3	8.17	DW	LinStatic	1.7174	2.5868	-0.46701	2.84
3	8.17	DW	LinStatic	1.7174	2.5868	-0.46701	0
3	8.67	DW	LinStatic	1.7174	3.5142	-1.98802	0.5
3	9.17	DW	LinStatic	1.7174	4.5436	-3.99822	1
3	9.67	DW	LinStatic	1.7174	5.675	-6.54861	1.5
3	9.67	DW	LinStatic	1.7174	5.675	-6.54861	0
3	10.128	DW	LinStatic	1.7174	6.758	-9.39576	0.458
3	10.128	DW	LinStatic	0	-5.971	-8.66766	0
3	10.5324	DW	LinStatic	0	-5.0395	-6.443	0.4044
3	10.9368	DW	LinStatic	0	-4.1574	-4.58506	0.8088
3	11.3412	DW	LinStatic	0	-3.3249	-3.07381	1.2132
3	11.7456	DW	LinStatic	0	-2.5418	-1.88924	1.6176
3	12.15	DW	LinStatic	0	-1.8082	-1.01132	2.022
3	12.15	DW	LinStatic	0	-1.8082	-1.01132	0
3	12.6	DW	LinStatic	0	-1.0195	-0.37508	0.45
3	13.05	DW	LinStatic	0	-0.3703	-0.08331	0.9
3	13.5	DW	LinStatic	0	-7.772E-16	9.368E-16	1.35
3	0	COMB1	Combination	-3.926E-13	4.752E-14	-3.553E-15	0
3	0.25	COMB1	Combination	-3.926E-13	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.25	COMB1	Combination	-3.926E-13	20.0975	-0.10594	0.25

3	0.61667	COMB1	Combination	-3.926E-13	21.3405	-7.70289	0.61667
3	0.98333	COMB1	Combination	-3.926E-13	22.5835	-15.75561	0.98333
3	1.35	COMB1	Combination	-3.926E-13	23.8264	-24.26409	1.35
3	1.35	COMB1	Combination	-7.756E-13	23.8264	-24.26409	0
3	1.7	COMB1	Combination	-7.756E-13	25.4495	-32.8844	0.35
3	2.05	COMB1	Combination	-7.756E-13	27.1745	-42.09063	0.7
3	2.05	COMB1	Combination	-7.756E-13	46.4245	-42.09063	0.7
3	2.49067	COMB1	Combination	-7.756E-13	48.7414	-63.0529	1.14067
3	2.93133	COMB1	Combination	-7.756E-13	51.2199	-85.07176	1.58133
3	3.372	COMB1	Combination	-7.756E-13	53.86	-108.21843	2.022
3	3.372	COMB1	Combination	29.848	-25.7826	-54.90967	0
3	3.83	COMB1	Combination	29.848	-22.9547	-43.74882	0.458
3	3.83	COMB1	Combination	29.848	-22.9547	-43.74882	0
3	3.85	COMB1	Combination	29.848	-22.8314	-43.29096	0.02
3	3.85	COMB1	Combination	29.848	-22.8314	-43.29096	0.02
3	4.34333	COMB1	Combination	29.848	-19.9329	-32.75367	0.51333
3	4.83667	COMB1	Combination	29.848	-17.3074	-23.57897	1.00667
3	5.33	COMB1	Combination	29.848	-14.955	-15.63214	1.5
3	5.33	COMB1	Combination	29.848	-14.955	-15.63214	0
3	5.65	COMB1	Combination	29.848	-13.5177	-11.07652	0.32
3	5.65	COMB1	Combination	29.848	-13.5177	-11.07652	0.32
3	5.85	COMB1	Combination	29.848	-12.6193	-8.46282	0.52
3	5.85	COMB1	Combination	29.848	-12.6193	-8.46282	0.52
3	6.25	COMB1	Combination	29.848	-10.8227	-3.77441	0.92
3	6.65	COMB1	Combination	29.848	-9.026	0.19533	1.32
3	7.05	COMB1	Combination	29.848	-7.2294	3.44642	1.72
3	7.45	COMB1	Combination	29.848	-5.4327	5.97884	2.12
3	7.45	COMB1	Combination	29.848	-5.4327	5.97884	2.12
3	7.65	COMB1	Combination	29.848	-4.5344	6.97556	2.32
3	7.65	COMB1	Combination	29.848	-4.5344	6.97556	2.32
3	7.91	COMB1	Combination	29.848	-3.3666	8.00269	2.58
3	8.17	COMB1	Combination	29.848	-2.1988	8.72619	2.84
3	8.17	COMB1	Combination	29.848	-2.1988	8.72619	0
3	8.67	COMB1	Combination	29.848	0.1873	9.24074	0.5
3	9.17	COMB1	Combination	29.848	2.8539	8.49214	1
3	9.67	COMB1	Combination	29.848	5.8009	6.34014	1.5
3	9.67	COMB1	Combination	29.848	5.8009	6.34014	0
3	10.128	COMB1	Combination	29.848	8.6289	3.03571	0.458
3	10.128	COMB1	Combination	0	-16.0103	-24.11144	0
3	10.5324	COMB1	Combination	0	-13.5814	-18.13259	0.4044
3	10.9368	COMB1	Combination	0	-11.2885	-13.10849	0.8088
3	11.3412	COMB1	Combination	0	-9.1318	-8.98409	1.2132

3	11.7456	COMB1	Combination	0	-7.1112	-5.70434	1.6176
3	12.15	COMB1	Combination	0	-5.2267	-3.21419	2.022
3	12.15	COMB1	Combination	0	-5.2267	-3.21419	0
3	12.6	COMB1	Combination	0	-3.2055	-1.31694	0.45
3	13.05	COMB1	Combination	0	-1.3935	-0.31354	0.9
3	13.5	COMB1	Combination	0	-3.331E-16	8.039E-15	1.35
3	0	COMB2	Combination	-9.415E-14	1.021E-14	2.665E-15	0
3	0.25	COMB2	Combination	-9.415E-14	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.25	COMB2	Combination	-9.415E-14	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.61667	COMB2	Combination	-9.415E-14	2.0905	-0.64456	0.61667
3	0.98333	COMB2	Combination	-9.415E-14	3.3335	-1.63895	0.98333
3	1.35	COMB2	Combination	-9.415E-14	4.5764	-3.08909	1.35
3	1.35	COMB2	Combination	-1.787E-13	4.5764	-3.08909	0
3	1.7	COMB2	Combination	-1.787E-13	6.1995	-4.9719	0.35
3	2.05	COMB2	Combination	-1.787E-13	7.9245	-7.44063	0.7
3	2.05	COMB2	Combination	-1.787E-13	27.1745	-7.44063	0.7
3	2.49067	COMB2	Combination	-1.787E-13	29.4914	-19.92007	1.14067
3	2.93133	COMB2	Combination	-1.787E-13	31.9699	-33.45609	1.58133
3	3.372	COMB2	Combination	-1.787E-13	34.61	-48.11993	2.022
3	3.372	COMB2	Combination	12.8588	-38.5431	-40.13336	0
3	3.83	COMB2	Combination	12.8588	-35.7151	-23.12822	0.458
3	3.83	COMB2	Combination	12.8588	-35.7151	-23.12822	0
3	3.85	COMB2	Combination	12.8588	-35.5919	-22.41515	0.02
3	3.85	COMB2	Combination	12.8588	-16.3419	-22.41515	0.02
3	4.34333	COMB2	Combination	12.8588	-13.4433	-15.07936	0.51333
3	4.83667	COMB2	Combination	12.8588	-10.8178	-9.10617	1.00667
3	5.33	COMB2	Combination	12.8588	-8.4654	-4.36085	1.5
3	5.33	COMB2	Combination	12.8588	-8.4654	-4.36085	0
3	5.65	COMB2	Combination	12.8588	-7.0281	-1.88188	0.32
3	5.65	COMB2	Combination	12.8588	-7.0281	-1.88188	0.32
3	5.85	COMB2	Combination	12.8588	-6.1298	-0.56609	0.52
3	5.85	COMB2	Combination	12.8588	-6.1298	-0.56609	0.52
3	6.25	COMB2	Combination	12.8588	-4.3332	1.52651	0.92
3	6.65	COMB2	Combination	12.8588	-2.5365	2.90044	1.32
3	7.05	COMB2	Combination	12.8588	-0.7399	3.55571	1.72
3	7.45	COMB2	Combination	12.8588	1.0568	3.49232	2.12
3	7.45	COMB2	Combination	12.8588	1.0568	3.49232	2.12
3	7.65	COMB2	Combination	12.8588	1.9551	3.19112	2.32
3	7.65	COMB2	Combination	12.8588	1.9551	3.19112	2.32
3	7.91	COMB2	Combination	12.8588	3.1229	2.53097	2.58
3	8.17	COMB2	Combination	12.8588	4.2908	1.56719	2.84
3	8.17	COMB2	Combination	12.8588	4.2908	1.56719	0

3	8.67	COMB2	Combination	12.8588	6.6768	-1.16302	0.5
3	9.17	COMB2	Combination	12.8588	9.3434	-5.15639	1
3	9.67	COMB2	Combination	12.8588	12.2905	-10.55317	1.5
3	9.67	COMB2	Combination	12.8588	12.2905	-10.55317	0
3	10.128	COMB2	Combination	12.8588	15.1184	-16.8298	0.458
3	10.128	COMB2	Combination	1.99E-13	-16.0103	-24.11144	0
3	10.5324	COMB2	Combination	1.99E-13	-13.5814	-18.13259	0.4044
3	10.9368	COMB2	Combination	1.99E-13	-11.2885	-13.10849	0.8088
3	11.3412	COMB2	Combination	1.99E-13	-9.1318	-8.98409	1.2132
3	11.7456	COMB2	Combination	1.99E-13	-7.1112	-5.70434	1.6176
3	12.15	COMB2	Combination	1.99E-13	-5.2267	-3.21419	2.022
3	12.15	COMB2	Combination	0	-5.2267	-3.21419	0
3	12.6	COMB2	Combination	0	-3.2055	-1.31694	0.45
3	13.05	COMB2	Combination	0	-1.3935	-0.31354	0.9
3	13.5	COMB2	Combination	0	2.776E-15	-2.375E-15	1.35
3	0	COMB3	Combination	5.507E-14	-2.22E-15	2.665E-15	0
3	0.25	COMB3	Combination	5.507E-14	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.25	COMB3	Combination	5.507E-14	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.61667	COMB3	Combination	5.507E-14	2.0905	-0.64456	0.61667
3	0.98333	COMB3	Combination	5.507E-14	3.3335	-1.63895	0.98333
3	1.35	COMB3	Combination	5.507E-14	4.5764	-3.08909	1.35
3	1.35	COMB3	Combination	2.021E-14	4.5764	-3.08909	0
3	1.7	COMB3	Combination	2.021E-14	6.1995	-4.9719	0.35
3	2.05	COMB3	Combination	2.021E-14	7.9245	-7.44063	0.7
3	2.05	COMB3	Combination	2.021E-14	7.9245	-7.44063	0.7
3	2.49067	COMB3	Combination	2.021E-14	10.2414	-11.43724	1.14067
3	2.93133	COMB3	Combination	2.021E-14	12.7199	-16.49043	1.58133
3	3.372	COMB3	Combination	2.021E-14	15.36	-22.67143	2.022
3	3.372	COMB3	Combination	-2.9801	-49.9245	-53.14163	0
3	3.83	COMB3	Combination	-2.9801	-47.0966	-30.9238	0.458
3	3.83	COMB3	Combination	-2.9801	-47.0966	-30.9238	0
3	3.85	COMB3	Combination	-2.9801	-46.9733	-29.9831	0.02
3	3.85	COMB3	Combination	-2.9801	-27.7233	-29.9831	0.02
3	4.34333	COMB3	Combination	-2.9801	-24.8248	-17.03247	0.51333
3	4.83667	COMB3	Combination	-2.9801	-22.1993	-5.44444	1.00667
3	5.33	COMB3	Combination	-2.9801	-19.8469	4.91572	1.5
3	5.33	COMB3	Combination	-2.9801	-19.8469	4.91572	0
3	5.65	COMB3	Combination	-2.9801	-18.4096	11.03675	0.32
3	5.65	COMB3	Combination	-2.9801	0.8404	11.03675	0.32
3	5.85	COMB3	Combination	-2.9801	1.7388	10.77883	0.52
3	5.85	COMB3	Combination	-2.9801	1.7388	10.77883	0.52
3	6.25	COMB3	Combination	-2.9801	3.5354	9.724	0.92

3	6.65	COMB3	Combination	-2.9801	5.3321	7.9505	1.32
3	7.05	COMB3	Combination	-2.9801	7.1287	5.45834	1.72
3	7.45	COMB3	Combination	-2.9801	8.9254	2.24753	2.12
3	7.45	COMB3	Combination	-2.9801	8.9254	2.24753	2.12
3	7.65	COMB3	Combination	-2.9801	9.8237	0.37262	2.32
3	7.65	COMB3	Combination	-2.9801	9.8237	0.37262	2.32
3	7.91	COMB3	Combination	-2.9801	10.9915	-2.33336	2.58
3	8.17	COMB3	Combination	-2.9801	12.1593	-5.34297	2.84
3	8.17	COMB3	Combination	-2.9801	12.1593	-5.34297	0
3	8.67	COMB3	Combination	-2.9801	14.5454	-12.00747	0.5
3	9.17	COMB3	Combination	-2.9801	17.212	-19.93512	1
3	9.67	COMB3	Combination	-2.9801	20.159	-29.26618	1.5
3	9.67	COMB3	Combination	-2.9801	20.159	-29.26618	0
3	10.128	COMB3	Combination	-2.9801	22.987	-39.14662	0.458
3	10.128	COMB3	Combination	-4.974E-14	-16.0103	-24.11144	0
3	10.5324	COMB3	Combination	-4.974E-14	-13.5814	-18.13259	0.4044
3	10.9368	COMB3	Combination	-4.974E-14	-11.2885	-13.10849	0.8088
3	11.3412	COMB3	Combination	-4.974E-14	-9.1318	-8.98409	1.2132
3	11.7456	COMB3	Combination	-4.974E-14	-7.1112	-5.70434	1.6176
3	12.15	COMB3	Combination	-4.974E-14	-5.2267	-3.21419	2.022
3	12.15	COMB3	Combination	0	-5.2267	-3.21419	0
3	12.6	COMB3	Combination	0	-3.2055	-1.31694	0.45
3	13.05	COMB3	Combination	0	-1.3935	-0.31354	0.9
3	13.5	COMB3	Combination	0	1.221E-15	-2.769E-16	1.35
3	0	COMB4	Combination	5.329E-15	1.021E-14	2.665E-15	0
3	0.25	COMB4	Combination	5.329E-15	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.25	COMB4	Combination	5.329E-15	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.61667	COMB4	Combination	5.329E-15	2.0905	-0.64456	0.61667
3	0.98333	COMB4	Combination	5.329E-15	3.3335	-1.63895	0.98333
3	1.35	COMB4	Combination	5.329E-15	4.5764	-3.08909	1.35
3	1.35	COMB4	Combination	6.994E-14	4.5764	-3.08909	0
3	1.7	COMB4	Combination	6.994E-14	6.1995	-4.9719	0.35
3	2.05	COMB4	Combination	6.994E-14	7.9245	-7.44063	0.7
3	2.05	COMB4	Combination	6.994E-14	7.9245	-7.44063	0.7
3	2.49067	COMB4	Combination	6.994E-14	10.2414	-11.43724	1.14067
3	2.93133	COMB4	Combination	6.994E-14	12.7199	-16.49043	1.58133
3	3.372	COMB4	Combination	6.994E-14	15.36	-22.67143	2.022
3	3.372	COMB4	Combination	-11.255	-37.8355	-62.83017	0
3	3.83	COMB4	Combination	-11.255	-35.0075	-46.14911	0.458
3	3.83	COMB4	Combination	-11.255	-35.0075	-46.14911	0
3	3.85	COMB4	Combination	-11.255	-34.8843	-45.45019	0.02
3	3.85	COMB4	Combination	-11.255	-34.8843	-45.45019	0.02

3	4.34333	COMB4	Combination	-11.255	-31.9857	-28.96682	0.51333
3	4.83667	COMB4	Combination	-11.255	-29.3603	-13.84604	1.00667
3	5.33	COMB4	Combination	-11.255	-27.0079	0.04687	1.5
3	5.33	COMB4	Combination	-11.255	-27.0079	0.04687	0
3	5.65	COMB4	Combination	-11.255	-25.5705	8.45941	0.32
3	5.65	COMB4	Combination	-11.255	-6.3205	8.45941	0.32
3	5.85	COMB4	Combination	-11.255	-5.4222	9.63368	0.52
3	5.85	COMB4	Combination	-11.255	-5.4222	9.63368	0.52
3	6.25	COMB4	Combination	-11.255	-3.6256	11.44324	0.92
3	6.65	COMB4	Combination	-11.255	-1.8289	12.53413	1.32
3	7.05	COMB4	Combination	-11.255	-0.0323	12.90636	1.72
3	7.45	COMB4	Combination	-11.255	1.7644	12.55993	2.12
3	7.45	COMB4	Combination	-11.255	21.0144	12.55993	2.12
3	7.65	COMB4	Combination	-11.255	21.9127	8.26722	2.32
3	7.65	COMB4	Combination	-11.255	21.9127	8.26722	2.32
3	7.91	COMB4	Combination	-11.255	23.0805	2.4181	2.58
3	8.17	COMB4	Combination	-11.255	24.2484	-3.73466	2.84
3	8.17	COMB4	Combination	-11.255	24.2484	-3.73466	0
3	8.67	COMB4	Combination	-11.255	26.6344	-16.44367	0.5
3	9.17	COMB4	Combination	-11.255	29.301	-30.41584	1
3	9.67	COMB4	Combination	-11.255	32.2481	-45.79141	1.5
3	9.67	COMB4	Combination	-11.255	32.2481	-45.79141	0
3	10.128	COMB4	Combination	-11.255	35.076	-61.20863	0.458
3	10.128	COMB4	Combination	0	-16.0103	-24.11144	0
3	10.5324	COMB4	Combination	0	-13.5814	-18.13259	0.4044
3	10.9368	COMB4	Combination	0	-11.2885	-13.10849	0.8088
3	11.3412	COMB4	Combination	0	-9.1318	-8.98409	1.2132
3	11.7456	COMB4	Combination	0	-7.1112	-5.70434	1.6176
3	12.15	COMB4	Combination	0	-5.2267	-3.21419	2.022
3	12.15	COMB4	Combination	0	-5.2267	-3.21419	0
3	12.6	COMB4	Combination	0	-3.2055	-1.31694	0.45
3	13.05	COMB4	Combination	0	-1.3935	-0.31354	0.9
3	13.5	COMB4	Combination	0	5.884E-15	-3.546E-16	1.35
3	0	COMB5	Combination	1.155E-14	-8.438E-15	-3.553E-15	0
3	0.25	COMB5	Combination	1.155E-14	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.25	COMB5	Combination	1.155E-14	0.8475	-0.10594	0.25
3	0.61667	COMB5	Combination	1.155E-14	2.0905	-0.64456	0.61667
3	0.98333	COMB5	Combination	1.155E-14	3.3335	-1.63895	0.98333
3	1.35	COMB5	Combination	1.155E-14	4.5764	-3.08909	1.35
3	1.35	COMB5	Combination	3.264E-14	4.5764	-3.08909	0
3	1.7	COMB5	Combination	3.264E-14	6.1995	-4.9719	0.35
3	2.05	COMB5	Combination	3.264E-14	7.9245	-7.44063	0.7

3	2.05	COMB5	Combination	3.264E-14	7.9245	-7.44063	0.7
3	2.49067	COMB5	Combination	3.264E-14	10.2414	-11.43724	1.14067
3	2.93133	COMB5	Combination	3.264E-14	12.7199	-16.49043	1.58133
3	3.372	COMB5	Combination	3.264E-14	15.36	-22.67143	2.022
3	3.372	COMB5	Combination	-11.3567	-36.3089	-61.71838	0
3	3.83	COMB5	Combination	-11.3567	-33.4809	-45.73652	0.458
3	3.83	COMB5	Combination	-11.3567	-33.4809	-45.73652	0
3	3.85	COMB5	Combination	-11.3567	-33.3576	-45.06814	0.02
3	3.85	COMB5	Combination	-11.3567	-33.3576	-45.06814	0.02
3	4.34333	COMB5	Combination	-11.3567	-30.4591	-29.3379	0.51333
3	4.83667	COMB5	Combination	-11.3567	-27.8336	-14.97026	1.00667
3	5.33	COMB5	Combination	-11.3567	-25.4812	-1.8305	1.5
3	5.33	COMB5	Combination	-11.3567	-25.4812	-1.8305	0
3	5.65	COMB5	Combination	-11.3567	-24.0439	6.09352	0.32
3	5.65	COMB5	Combination	-11.3567	-24.0439	6.09352	0.32
3	5.85	COMB5	Combination	-11.3567	-23.1456	10.81247	0.52
3	5.85	COMB5	Combination	-11.3567	-3.8956	10.81247	0.52
3	6.25	COMB5	Combination	-11.3567	-2.0989	12.01136	0.92
3	6.65	COMB5	Combination	-11.3567	-0.3023	12.4916	1.32
3	7.05	COMB5	Combination	-11.3567	1.4944	12.25318	1.72
3	7.45	COMB5	Combination	-11.3567	3.291	11.2961	2.12
3	7.45	COMB5	Combination	-11.3567	3.291	11.2961	2.12
3	7.65	COMB5	Combination	-11.3567	4.1894	10.54806	2.32
3	7.65	COMB5	Combination	-11.3567	23.4394	10.54806	2.32
3	7.91	COMB5	Combination	-11.3567	24.6072	4.30201	2.58
3	8.17	COMB5	Combination	-11.3567	25.775	-2.24767	2.84
3	8.17	COMB5	Combination	-11.3567	25.775	-2.24767	0
3	8.67	COMB5	Combination	-11.3567	28.1611	-15.72	0.5
3	9.17	COMB5	Combination	-11.3567	30.8276	-30.45549	1
3	9.67	COMB5	Combination	-11.3567	33.7747	-46.59438	1.5
3	9.67	COMB5	Combination	-11.3567	33.7747	-46.59438	0
3	10.128	COMB5	Combination	-11.3567	36.6027	-62.71079	0.458
3	10.128	COMB5	Combination	0	-16.0103	-24.11144	0
3	10.5324	COMB5	Combination	0	-13.5814	-18.13259	0.4044
3	10.9368	COMB5	Combination	0	-11.2885	-13.10849	0.8088
3	11.3412	COMB5	Combination	0	-9.1318	-8.98409	1.2132
3	11.7456	COMB5	Combination	0	-7.1112	-5.70434	1.6176
3	12.15	COMB5	Combination	0	-5.2267	-3.21419	2.022
3	12.15	COMB5	Combination	0	-5.2267	-3.21419	0
3	12.6	COMB5	Combination	0	-3.2055	-1.31694	0.45
3	13.05	COMB5	Combination	0	-1.3935	-0.31354	0.9
3	13.5	COMB5	Combination	0	-6.55E-15	1.021E-14	1.35

7	0	DEAD	LinStatic	0	-1.5786	-1.53652	0
7	0.48667	DEAD	LinStatic	0	-1.3155	-0.83228	0.48667
7	0.97333	DEAD	LinStatic	0	-1.0524	-0.25609	0.97333
7	1.46	DEAD	LinStatic	0	-0.7893	0.19207	1.46
7	1.94667	DEAD	LinStatic	0	-0.5262	0.51217	1.94667
7	2.43333	DEAD	LinStatic	0	-0.2631	0.70424	2.43333
7	2.92	DEAD	LinStatic	0	3.331E-15	0.76826	2.92
7	3.40667	DEAD	LinStatic	0	0.2631	0.70424	3.40667
7	3.89333	DEAD	LinStatic	0	0.5262	0.51217	3.89333
7	4.38	DEAD	LinStatic	0	0.7893	0.19207	4.38
7	4.86667	DEAD	LinStatic	0	1.0524	-0.25609	4.86667
7	5.35333	DEAD	LinStatic	0	1.3155	-0.83228	5.35333
7	5.84	DEAD	LinStatic	0	1.5786	-1.53652	5.84
7	0	LIVE	LinStatic	0	0	0	0
7	0.48667	LIVE	LinStatic	0	0	0	0.48667
7	0.97333	LIVE	LinStatic	0	0	0	0.97333
7	1.46	LIVE	LinStatic	0	0	0	1.46
7	1.94667	LIVE	LinStatic	0	0	0	1.94667
7	2.43333	LIVE	LinStatic	0	0	0	2.43333
7	2.92	LIVE	LinStatic	0	0	0	2.92
7	3.40667	LIVE	LinStatic	0	0	0	3.40667
7	3.89333	LIVE	LinStatic	0	0	0	3.89333
7	4.38	LIVE	LinStatic	0	0	0	4.38
7	4.86667	LIVE	LinStatic	0	0	0	4.86667
7	5.35333	LIVE	LinStatic	0	0	0	5.35333
7	5.84	LIVE	LinStatic	0	0	0	5.84
7	0	LIVE1	LinStatic	0	0	0	0
7	0.48667	LIVE1	LinStatic	0	0	0	0.48667
7	0.97333	LIVE1	LinStatic	0	0	0	0.97333
7	1.46	LIVE1	LinStatic	0	0	0	1.46
7	1.94667	LIVE1	LinStatic	0	0	0	1.94667
7	2.43333	LIVE1	LinStatic	0	0	0	2.43333
7	2.92	LIVE1	LinStatic	0	0	0	2.92
7	3.40667	LIVE1	LinStatic	0	0	0	3.40667
7	3.89333	LIVE1	LinStatic	0	0	0	3.89333
7	4.38	LIVE1	LinStatic	0	0	0	4.38
7	4.86667	LIVE1	LinStatic	0	0	0	4.86667
7	5.35333	LIVE1	LinStatic	0	0	0	5.35333
7	5.84	LIVE1	LinStatic	0	0	0	5.84
7	0	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0
7	0.48667	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.48667
7	0.97333	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.97333



7	1.46	LIVE2	LinStatic	0	0	0	1.46
7	1.94667	LIVE2	LinStatic	0	0	0	1.94667
7	2.43333	LIVE2	LinStatic	0	0	0	2.43333
7	2.92	LIVE2	LinStatic	0	0	0	2.92
7	3.40667	LIVE2	LinStatic	0	0	0	3.40667
7	3.89333	LIVE2	LinStatic	0	0	0	3.89333
7	4.38	LIVE2	LinStatic	0	0	0	4.38
7	4.86667	LIVE2	LinStatic	0	0	0	4.86667
7	5.35333	LIVE2	LinStatic	0	0	0	5.35333
7	5.84	LIVE2	LinStatic	0	0	0	5.84
7	0	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0
7	0.48667	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0.48667
7	0.97333	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0.97333
7	1.46	LIVE3	LinStatic	0	0	0	1.46
7	1.94667	LIVE3	LinStatic	0	0	0	1.94667
7	2.43333	LIVE3	LinStatic	0	0	0	2.43333
7	2.92	LIVE3	LinStatic	0	0	0	2.92
7	3.40667	LIVE3	LinStatic	0	0	0	3.40667
7	3.89333	LIVE3	LinStatic	0	0	0	3.89333
7	4.38	LIVE3	LinStatic	0	0	0	4.38
7	4.86667	LIVE3	LinStatic	0	0	0	4.86667
7	5.35333	LIVE3	LinStatic	0	0	0	5.35333
7	5.84	LIVE3	LinStatic	0	0	0	5.84
7	0	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0
7	0.48667	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0.48667
7	0.97333	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0.97333
7	1.46	LIVE4	LinStatic	0	0	0	1.46
7	1.94667	LIVE4	LinStatic	0	0	0	1.94667
7	2.43333	LIVE4	LinStatic	0	0	0	2.43333
7	2.92	LIVE4	LinStatic	0	0	0	2.92
7	3.40667	LIVE4	LinStatic	0	0	0	3.40667
7	3.89333	LIVE4	LinStatic	0	0	0	3.89333
7	4.38	LIVE4	LinStatic	0	0	0	4.38
7	4.86667	LIVE4	LinStatic	0	0	0	4.86667
7	5.35333	LIVE4	LinStatic	0	0	0	5.35333
7	5.84	LIVE4	LinStatic	0	0	0	5.84
7	0	VIENTO	LinStatic	9.5192	0	0	0
7	0.48667	VIENTO	LinStatic	7.9327	0	0	0.48667
7	0.97333	VIENTO	LinStatic	6.3461	0	0	0.97333
7	1.46	VIENTO	LinStatic	4.7596	0	0	1.46
7	1.94667	VIENTO	LinStatic	3.1731	0	0	1.94667
7	2.43333	VIENTO	LinStatic	1.5865	0	0	2.43333

7	2.92	VIENTO	LinStatic	-1.554E-15	0	0	2.92
7	3.40667	VIENTO	LinStatic	-1.5865	0	0	3.40667
7	3.89333	VIENTO	LinStatic	-3.1731	0	0	3.89333
7	4.38	VIENTO	LinStatic	-4.7596	0	0	4.38
7	4.86667	VIENTO	LinStatic	-6.3461	0	0	4.86667
7	5.35333	VIENTO	LinStatic	-7.9327	0	0	5.35333
7	5.84	VIENTO	LinStatic	-9.5192	0	0	5.84
7	0	DW	LinStatic	0	-1.5786	-1.53652	0
7	0.48667	DW	LinStatic	0	-1.3155	-0.83228	0.48667
7	0.97333	DW	LinStatic	0	-1.0524	-0.25609	0.97333
7	1.46	DW	LinStatic	0	-0.7893	0.19207	1.46
7	1.94667	DW	LinStatic	0	-0.5262	0.51217	1.94667
7	2.43333	DW	LinStatic	0	-0.2631	0.70424	2.43333
7	2.92	DW	LinStatic	0	3.331E-15	0.76826	2.92
7	3.40667	DW	LinStatic	0	0.2631	0.70424	3.40667
7	3.89333	DW	LinStatic	0	0.5262	0.51217	3.89333
7	4.38	DW	LinStatic	0	0.7893	0.19207	4.38
7	4.86667	DW	LinStatic	0	1.0524	-0.25609	4.86667
7	5.35333	DW	LinStatic	0	1.3155	-0.83228	5.35333
7	5.84	DW	LinStatic	0	1.5786	-1.53652	5.84
7	0	COMB1	Combination	0	-4.3412	-4.22544	0
7	0.48667	COMB1	Combination	0	-3.6177	-2.28878	0.48667
7	0.97333	COMB1	Combination	0	-2.8941	-0.70424	0.97333
7	1.46	COMB1	Combination	0	-2.1706	0.52818	1.46
7	1.94667	COMB1	Combination	0	-1.4471	1.40848	1.94667
7	2.43333	COMB1	Combination	0	-0.7235	1.93666	2.43333
7	2.92	COMB1	Combination	0	9.159E-15	2.11272	2.92
7	3.40667	COMB1	Combination	0	0.7235	1.93666	3.40667
7	3.89333	COMB1	Combination	0	1.4471	1.40848	3.89333
7	4.38	COMB1	Combination	0	2.1706	0.52818	4.38
7	4.86667	COMB1	Combination	0	2.8941	-0.70424	4.86667
7	5.35333	COMB1	Combination	0	3.6177	-2.28878	5.35333
7	5.84	COMB1	Combination	0	4.3412	-4.22544	5.84
7	0	COMB2	Combination	0	-4.3412	-4.22544	0
7	0.48667	COMB2	Combination	0	-3.6177	-2.28878	0.48667
7	0.97333	COMB2	Combination	0	-2.8941	-0.70424	0.97333
7	1.46	COMB2	Combination	0	-2.1706	0.52818	1.46
7	1.94667	COMB2	Combination	0	-1.4471	1.40848	1.94667
7	2.43333	COMB2	Combination	0	-0.7235	1.93666	2.43333
7	2.92	COMB2	Combination	0	9.159E-15	2.11272	2.92
7	3.40667	COMB2	Combination	0	0.7235	1.93666	3.40667
7	3.89333	COMB2	Combination	0	1.4471	1.40848	3.89333

7	4.38	COMB2	Combination	0	2.1706	0.52818	4.38
7	4.86667	COMB2	Combination	0	2.8941	-0.70424	4.86667
7	5.35333	COMB2	Combination	0	3.6177	-2.28878	5.35333
7	5.84	COMB2	Combination	0	4.3412	-4.22544	5.84
7	0	COMB3	Combination	0	-4.3412	-4.22544	0
7	0.48667	COMB3	Combination	0	-3.6177	-2.28878	0.48667
7	0.97333	COMB3	Combination	0	-2.8941	-0.70424	0.97333
7	1.46	COMB3	Combination	0	-2.1706	0.52818	1.46
7	1.94667	COMB3	Combination	0	-1.4471	1.40848	1.94667
7	2.43333	COMB3	Combination	0	-0.7235	1.93666	2.43333
7	2.92	COMB3	Combination	0	9.159E-15	2.11272	2.92
7	3.40667	COMB3	Combination	0	0.7235	1.93666	3.40667
7	3.89333	COMB3	Combination	0	1.4471	1.40848	3.89333
7	4.38	COMB3	Combination	0	2.1706	0.52818	4.38
7	4.86667	COMB3	Combination	0	2.8941	-0.70424	4.86667
7	5.35333	COMB3	Combination	0	3.6177	-2.28878	5.35333
7	5.84	COMB3	Combination	0	4.3412	-4.22544	5.84
7	0	COMB4	Combination	0	-4.3412	-4.22544	0
7	0.48667	COMB4	Combination	0	-3.6177	-2.28878	0.48667
7	0.97333	COMB4	Combination	0	-2.8941	-0.70424	0.97333
7	1.46	COMB4	Combination	0	-2.1706	0.52818	1.46
7	1.94667	COMB4	Combination	0	-1.4471	1.40848	1.94667
7	2.43333	COMB4	Combination	0	-0.7235	1.93666	2.43333
7	2.92	COMB4	Combination	0	9.159E-15	2.11272	2.92
7	3.40667	COMB4	Combination	0	0.7235	1.93666	3.40667
7	3.89333	COMB4	Combination	0	1.4471	1.40848	3.89333
7	4.38	COMB4	Combination	0	2.1706	0.52818	4.38
7	4.86667	COMB4	Combination	0	2.8941	-0.70424	4.86667
7	5.35333	COMB4	Combination	0	3.6177	-2.28878	5.35333
7	5.84	COMB4	Combination	0	4.3412	-4.22544	5.84
7	0	COMB5	Combination	0	-4.3412	-4.22544	0
7	0.48667	COMB5	Combination	0	-3.6177	-2.28878	0.48667
7	0.97333	COMB5	Combination	0	-2.8941	-0.70424	0.97333
7	1.46	COMB5	Combination	0	-2.1706	0.52818	1.46
7	1.94667	COMB5	Combination	0	-1.4471	1.40848	1.94667
7	2.43333	COMB5	Combination	0	-0.7235	1.93666	2.43333
7	2.92	COMB5	Combination	0	9.159E-15	2.11272	2.92
7	3.40667	COMB5	Combination	0	0.7235	1.93666	3.40667
7	3.89333	COMB5	Combination	0	1.4471	1.40848	3.89333
7	4.38	COMB5	Combination	0	2.1706	0.52818	4.38
7	4.86667	COMB5	Combination	0	2.8941	-0.70424	4.86667
7	5.35333	COMB5	Combination	0	3.6177	-2.28878	5.35333

7	5.84	COMB5	Combination	0	4.3412	-4.22544	5.84
8	0	DEAD	LinStatic	-11.6752	-0.66	-1.00181	0
8	1.41861	DEAD	LinStatic	-13.1032	-0.4264	-0.23116	1.41861
8	2.83721	DEAD	LinStatic	-14.5312	-0.1929	0.20812	2.83721
8	0	LIVE	LinStatic	-28.8543	-9.2357	-30.62643	0
8	1.41861	LIVE	LinStatic	-28.8543	-9.2357	-17.52456	1.41861
8	2.83721	LIVE	LinStatic	-28.8543	-9.2357	-4.42269	2.83721
8	0	LIVE1	LinStatic	-23.6275	-0.2535	-4.72804	0
8	1.41861	LIVE1	LinStatic	-23.6275	-0.2535	-4.36838	1.41861
8	2.83721	LIVE1	LinStatic	-23.6275	-0.2535	-4.00872	2.83721
8	0	LIVE2	LinStatic	-17.7291	7.9527	17.24726	0
8	1.41861	LIVE2	LinStatic	-17.7291	7.9527	5.96549	1.41861
8	2.83721	LIVE2	LinStatic	-17.7291	7.9527	-5.31628	2.83721
8	0	LIVE3	LinStatic	-10.1484	11.5041	22.78357	0
8	1.41861	LIVE3	LinStatic	-10.1484	11.5041	6.46385	1.41861
8	2.83721	LIVE3	LinStatic	-10.1484	11.5041	-9.85586	2.83721
8	0	LIVE4	LinStatic	-9.2781	11.4206	22.14826	0
8	1.41861	LIVE4	LinStatic	-9.2781	11.4206	5.94692	1.41861
8	2.83721	LIVE4	LinStatic	-9.2781	11.4206	-10.25441	2.83721
8	0	VIENTO	LinStatic	0.6639	1.6707	-1.24679	0
8	1.41861	VIENTO	LinStatic	-0.0826	-2.8933	-0.37967	1.41861
8	2.83721	VIENTO	LinStatic	-0.8292	-7.4573	6.96197	2.83721
8	0	DW	LinStatic	-12.2182	0.2583	1.0265	0
8	1.41861	DW	LinStatic	-13.6462	0.4919	0.49442	1.41861
8	2.83721	DW	LinStatic	-15.0742	0.7254	-0.36902	2.83721
8	0	COMB1	Combination	-83.4164	-16.6002	-53.30876	0
8	1.41861	COMB1	Combination	-87.3434	-15.9578	-30.2153	1.41861
8	2.83721	COMB1	Combination	-91.2704	-15.3155	-8.03308	2.83721
8	0	COMB2	Combination	-74.2694	-0.8813	-7.98657	0
8	1.41861	COMB2	Combination	-78.1964	-0.2389	-7.19198	1.41861
8	2.83721	COMB2	Combination	-82.1234	0.4034	-7.30863	2.83721
8	0	COMB3	Combination	-63.9473	13.4796	30.4702	0
8	1.41861	COMB3	Combination	-67.8743	14.122	10.89229	1.41861
8	2.83721	COMB3	Combination	-71.8013	14.7643	-9.59687	2.83721
8	0	COMB4	Combination	-50.681	19.6945	40.15874	0
8	1.41861	COMB4	Combination	-54.608	20.3368	11.76442	1.41861
8	2.83721	COMB4	Combination	-58.535	20.9792	-17.54114	2.83721
8	0	COMB5	Combination	-49.158	19.5485	39.04696	0
8	1.41861	COMB5	Combination	-53.085	20.1908	10.85979	1.41861
8	2.83721	COMB5	Combination	-57.012	20.8331	-18.2386	2.83721
9	0	DEAD	LinStatic	-11.6752	-0.66	-1.00181	0
9	1.41861	DEAD	LinStatic	-13.1032	-0.4264	-0.23116	1.41861

9	2.83721	DEAD	LinStatic	-14.5312	-0.1929	0.20812	2.83721
9	0	LIVE	LinStatic	2.6964	-14.3965	-15.42116	0
9	1.41861	LIVE	LinStatic	2.6964	-14.3965	5.00184	1.41861
9	2.83721	LIVE	LinStatic	2.6964	-14.3965	25.42485	2.83721
9	0	LIVE1	LinStatic	0.6039	-4.2171	-4.06944	0
9	1.41861	LIVE1	LinStatic	0.6039	-4.2171	1.91294	1.41861
9	2.83721	LIVE1	LinStatic	0.6039	-4.2171	7.89533	2.83721
9	0	LIVE2	LinStatic	-2.3724	5.4408	8.68302	0
9	1.41861	LIVE2	LinStatic	-2.3724	5.4408	0.96466	1.41861
9	2.83721	LIVE2	LinStatic	-2.3724	5.4408	-6.75369	2.83721
9	0	LIVE3	LinStatic	-8.4266	11.2224	21.28988	0
9	1.41861	LIVE3	LinStatic	-8.4266	11.2224	5.36971	1.41861
9	2.83721	LIVE3	LinStatic	-8.4266	11.2224	-10.55047	2.83721
9	0	LIVE4	LinStatic	-9.2781	11.4206	22.14826	0
9	1.41861	LIVE4	LinStatic	-9.2781	11.4206	5.94692	1.41861
9	2.83721	LIVE4	LinStatic	-9.2781	11.4206	-10.25441	2.83721
9	0	VIENTO	LinStatic	-0.097	1.7952	1.35769	0
9	1.41861	VIENTO	LinStatic	-0.097	1.7952	-1.18901	1.41861
9	2.83721	VIENTO	LinStatic	-0.097	1.7952	-3.7357	2.83721
9	0	DW	LinStatic	-12.8393	0.3599	0.7281	0
9	1.41861	DW	LinStatic	-14.2673	0.5935	0.05188	1.41861
9	2.83721	DW	LinStatic	-15.6953	0.827	-0.95569	2.83721
9	0	COMB1	Combination	-29.1343	-25.4792	-27.14715	0
9	1.41861	COMB1	Combination	-33.0613	-24.8368	8.5421	1.41861
9	2.83721	COMB1	Combination	-36.9883	-24.1945	43.32011	2.83721
9	0	COMB2	Combination	-32.7962	-7.6651	-7.28164	0
9	1.41861	COMB2	Combination	-36.7232	-7.0228	3.13652	1.41861
9	2.83721	COMB2	Combination	-40.6502	-6.3804	12.64345	2.83721
9	0	COMB3	Combination	-38.0048	9.2362	15.03517	0
9	1.41861	COMB3	Combination	-41.9318	9.8785	1.47703	1.41861
9	2.83721	COMB3	Combination	-45.8588	10.5209	-12.99234	2.83721
9	0	COMB4	Combination	-48.5995	19.354	37.09718	0
9	1.41861	COMB4	Combination	-52.5265	19.9964	9.18586	1.41861
9	2.83721	COMB4	Combination	-56.4535	20.6387	-19.6367	2.83721
9	0	COMB5	Combination	-50.0897	19.7009	38.59935	0
9	1.41861	COMB5	Combination	-54.0167	20.3432	10.19599	1.41861
9	2.83721	COMB5	Combination	-57.9437	20.9855	-19.1186	2.83721

Sección transversal Peralte 5.5 metros.

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3	ElemStation

Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	m
3	0	DEAD	LinStatic	0	-8.882E-16	-4.441E-16	0
3	0.25	DEAD	LinStatic	0	0.135	-0.01688	0.25
3	0.25	DEAD	LinStatic	0	0.135	-0.01688	0.25
3	0.61667	DEAD	LinStatic	0	0.333	-0.10268	0.61667
3	0.98333	DEAD	LinStatic	0	0.531	-0.26108	0.98333
3	1.35	DEAD	LinStatic	0	0.729	-0.49207	1.35
3	1.35	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	0.729	-0.49208	0
3	1.7	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	0.9365	-0.78246	0.35
3	2.05	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	1.1812	-1.15198	0.7
3	2.05	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	1.1812	-1.15198	0.7
3	2.49067	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	1.5419	-1.74979	1.14067
3	2.93133	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	1.9614	-2.51951	1.58133
3	3.372	DEAD	LinStatic	-8.882E-16	2.4396	-3.48703	2.022
3	3.372	DEAD	LinStatic	1.2951	-2.5634	-3.14021	0
3	3.83	DEAD	LinStatic	1.2951	-2.0358	-2.08699	0.458
3	3.83	DEAD	LinStatic	1.2951	-2.0358	-2.08699	0
3	3.85	DEAD	LinStatic	1.2951	-2.0128	-2.04651	0.02
3	3.85	DEAD	LinStatic	1.2951	-2.0128	-2.04651	0.02
3	4.34333	DEAD	LinStatic	1.2951	-1.4982	-1.18453	0.51333
3	4.83667	DEAD	LinStatic	1.2951	-1.0828	-0.55196	1.00667
3	5.33	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.7668	-0.09979	1.5
3	5.33	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.7668	-0.09979	0
3	5.65	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.594	0.11793	0.32
3	5.65	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.594	0.11793	0.32
3	5.85	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.486	0.22593	0.52
3	5.85	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.486	0.22593	0.52
3	6.25	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.27	0.37713	0.92
3	6.65	DEAD	LinStatic	1.2951	-0.054	0.44193	1.32
3	7.05	DEAD	LinStatic	1.2951	0.162	0.42033	1.72
3	7.45	DEAD	LinStatic	1.2951	0.378	0.31233	2.12
3	7.45	DEAD	LinStatic	1.2951	0.378	0.31233	2.12
3	7.65	DEAD	LinStatic	1.2951	0.486	0.22593	2.32
3	7.65	DEAD	LinStatic	1.2951	0.486	0.22593	2.32
3	7.91	DEAD	LinStatic	1.2951	0.6264	0.08132	2.58
3	8.17	DEAD	LinStatic	1.2951	0.7668	-0.09979	2.84
3	8.17	DEAD	LinStatic	1.2951	0.7668	-0.09979	0
3	8.67	DEAD	LinStatic	1.2951	1.0878	-0.55919	0.5
3	9.17	DEAD	LinStatic	1.2951	1.5108	-1.20459	1
3	9.67	DEAD	LinStatic	1.2951	2.0358	-2.08699	1.5
3	9.67	DEAD	LinStatic	1.2951	2.0358	-2.08699	0
3	10.128	DEAD	LinStatic	1.2951	2.5634	-3.14021	0.458

3	10.128	DEAD	LinStatic	0	-2.4396	-3.48703	0
3	10.5324	DEAD	LinStatic	0	-1.9985	-2.59131	0.4044
3	10.9368	DEAD	LinStatic	0	-1.6069	-1.86398	0.8088
3	11.3412	DEAD	LinStatic	0	-1.2647	-1.285	1.2132
3	11.7456	DEAD	LinStatic	0	-0.9721	-0.83437	1.6176
3	12.15	DEAD	LinStatic	0	-0.729	-0.49208	2.022
3	12.15	DEAD	LinStatic	0	-0.729	-0.49208	0
3	12.6	DEAD	LinStatic	0	-0.486	-0.2187	0.45
3	13.05	DEAD	LinStatic	0	-0.243	-0.05467	0.9
3	13.5	DEAD	LinStatic	0	-9.992E-16	1.277E-15	1.35
3	0	LIVE	LinStatic	-9.095E-13	8.527E-14	0	0
3	0.25	LIVE	LinStatic	-9.095E-13	8.527E-14	-2.132E-14	0.25
3	0.25	LIVE	LinStatic	-9.095E-13	11	-2.132E-14	0.25
3	0.61667	LIVE	LinStatic	-9.095E-13	11	-4.03333	0.61667
3	0.98333	LIVE	LinStatic	-9.095E-13	11	-8.06667	0.98333
3	1.35	LIVE	LinStatic	-9.095E-13	11	-12.1	1.35
3	1.35	LIVE	LinStatic	-1.819E-12	11	-12.1	0
3	1.7	LIVE	LinStatic	-1.819E-12	11	-15.95	0.35
3	2.05	LIVE	LinStatic	-1.819E-12	11	-19.8	0.7
3	2.05	LIVE	LinStatic	-1.819E-12	22	-19.8	0.7
3	2.49067	LIVE	LinStatic	-1.819E-12	22	-29.49467	1.14067
3	2.93133	LIVE	LinStatic	-1.819E-12	22	-39.18933	1.58133
3	3.372	LIVE	LinStatic	-1.819E-12	22	-48.884	2.022
3	3.372	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-26.17381	0
3	3.83	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-22.96306	0.458
3	3.83	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-22.96306	0
3	3.85	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-22.82285	0.02
3	3.85	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-22.82285	0.02
3	4.34333	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-19.36441	0.51333
3	4.83667	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-15.90596	1.00667
3	5.33	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-12.44752	1.5
3	5.33	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-12.44752	0
3	5.65	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-10.2042	0.32
3	5.65	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-10.2042	0.32
3	5.85	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-8.80213	0.52
3	5.85	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-8.80213	0.52
3	6.25	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-5.99799	0.92
3	6.65	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-3.19384	1.32
3	7.05	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	-0.3897	1.72
3	7.45	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	2.41445	2.12
3	7.45	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	2.41445	2.12
3	7.65	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	3.81652	2.32

3	7.65	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	3.81652	2.32
3	7.91	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	5.63922	2.58
3	8.17	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	7.46191	2.84
3	8.17	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	7.46191	0
3	8.67	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	10.96709	0.5
3	9.17	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	14.47227	1
3	9.67	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	17.97745	1.5
3	9.67	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	17.97745	0
3	10.128	LIVE	LinStatic	7.8018	-7.0104	21.1882	0.458
3	10.128	LIVE	LinStatic	9.095E-13	0	-1.421E-14	0
3	10.5324	LIVE	LinStatic	9.095E-13	0	-1.421E-14	0.4044
3	10.9368	LIVE	LinStatic	9.095E-13	0	-1.421E-14	0.8088
3	11.3412	LIVE	LinStatic	9.095E-13	0	-1.421E-14	1.2132
3	11.7456	LIVE	LinStatic	9.095E-13	0	-1.421E-14	1.6176
3	12.15	LIVE	LinStatic	9.095E-13	0	-1.421E-14	2.022
3	12.15	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	0
3	12.6	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	0.45
3	13.05	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	0.9
3	13.5	LIVE	LinStatic	0	0	-7.105E-15	1.35
3	0	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-1.421E-14	0	0
3	0.25	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-1.421E-14	3.553E-15	0.25
3	0.25	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-1.421E-14	3.553E-15	0.25
3	0.61667	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-1.421E-14	8.763E-15	0.61667
3	0.98333	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-1.421E-14	1.397E-14	0.98333
3	1.35	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-1.421E-14	1.918E-14	1.35
3	1.35	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	1.421E-14	0	0
3	1.7	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	1.421E-14	-4.974E-15	0.35
3	2.05	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	1.421E-14	-9.948E-15	0.7
3	2.05	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	11	-9.948E-15	0.7
3	2.49067	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	11	-4.84733	1.14067
3	2.93133	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	11	-9.69467	1.58133
3	3.372	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	11	-14.542	2.022
3	3.372	LIVE1	LinStatic	2.9882	-13.2369	-13.26089	0
3	3.83	LIVE1	LinStatic	2.9882	-13.2369	-7.19841	0.458
3	3.83	LIVE1	LinStatic	2.9882	-13.2369	-7.19841	0
3	3.85	LIVE1	LinStatic	2.9882	-13.2369	-6.93367	0.02
3	3.85	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-6.93367	0.02
3	4.34333	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-5.83016	0.51333
3	4.83667	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-4.72664	1.00667
3	5.33	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-3.62313	1.5
3	5.33	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-3.62313	0
3	5.65	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-2.90734	0.32



3	5.65	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-2.90734	0.32
3	5.85	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-2.45997	0.52
3	5.85	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-2.45997	0.52
3	6.25	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-1.56523	0.92
3	6.65	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	-0.67049	1.32
3	7.05	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	0.22425	1.72
3	7.45	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	1.119	2.12
3	7.45	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	1.119	2.12
3	7.65	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	1.56637	2.32
3	7.65	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	1.56637	2.32
3	7.91	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	2.14795	2.58
3	8.17	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	2.72953	2.84
3	8.17	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	2.72953	0
3	8.67	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	3.84795	0.5
3	9.17	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	4.96638	1
3	9.67	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	6.08481	1.5
3	9.67	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	6.08481	0
3	10.128	LIVE1	LinStatic	2.9882	-2.2369	7.10928	0.458
3	10.128	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-7.105E-15	-7.105E-15	0
3	10.5324	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-7.105E-15	-4.232E-15	0.4044
3	10.9368	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-7.105E-15	-1.359E-15	0.8088
3	11.3412	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-7.105E-15	1.515E-15	1.2132
3	11.7456	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-7.105E-15	4.388E-15	1.6176
3	12.15	LIVE1	LinStatic	-4.547E-13	-7.105E-15	7.262E-15	2.022
3	12.15	LIVE1	LinStatic	0	3.553E-15	0	0
3	12.6	LIVE1	LinStatic	0	3.553E-15	-1.599E-15	0.45
3	13.05	LIVE1	LinStatic	0	3.553E-15	-3.197E-15	0.9
3	13.5	LIVE1	LinStatic	0	3.553E-15	-4.796E-15	1.35
3	0	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0
3	0.25	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.25
3	0.25	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.25
3	0.61667	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.61667
3	0.98333	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.98333
3	1.35	LIVE2	LinStatic	0	0	0	1.35
3	1.35	LIVE2	LinStatic	-1.421E-14	-1.066E-14	1.776E-15	0
3	1.7	LIVE2	LinStatic	-1.421E-14	-1.066E-14	5.507E-15	0.35
3	2.05	LIVE2	LinStatic	-1.421E-14	-1.066E-14	9.237E-15	0.7
3	2.05	LIVE2	LinStatic	-1.421E-14	-1.066E-14	9.237E-15	0.7
3	2.49067	LIVE2	LinStatic	-1.421E-14	-1.066E-14	1.393E-14	1.14067
3	2.93133	LIVE2	LinStatic	-1.421E-14	-1.066E-14	1.863E-14	1.58133
3	3.372	LIVE2	LinStatic	-1.421E-14	-1.066E-14	2.333E-14	2.022
3	3.372	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-18.9036	-17.05502	0

3	3.83	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-18.9036	-8.39716	0.458
3	3.83	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-18.9036	-8.39716	0
3	3.85	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-18.9036	-8.01909	0.02
3	3.85	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-7.9036	-8.01909	0.02
3	4.34333	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-7.9036	-4.11997	0.51333
3	4.83667	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-7.9036	-0.22086	1.00667
3	5.33	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-7.9036	3.67826	1.5
3	5.33	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-7.9036	3.67826	0
3	5.65	LIVE2	LinStatic	-1.4994	-7.9036	6.20742	0.32
3	5.65	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	6.20742	0.32
3	5.85	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	5.58814	0.52
3	5.85	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	5.58814	0.52
3	6.25	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	4.34959	0.92
3	6.65	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	3.11103	1.32
3	7.05	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	1.87248	1.72
3	7.45	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	0.63393	2.12
3	7.45	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	0.63393	2.12
3	7.65	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	0.01465	2.32
3	7.65	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	0.01465	2.32
3	7.91	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-0.79041	2.58
3	8.17	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-1.59547	2.84
3	8.17	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-1.59547	0
3	8.67	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-3.14366	0.5
3	9.17	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-4.69186	1
3	9.67	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-6.24005	1.5
3	9.67	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-6.24005	0
3	10.128	LIVE2	LinStatic	-1.4994	3.0964	-7.65819	0.458
3	10.128	LIVE2	LinStatic	0	-1.776E-15	-7.105E-15	0
3	10.5324	LIVE2	LinStatic	0	-1.776E-15	-6.387E-15	0.4044
3	10.9368	LIVE2	LinStatic	0	-1.776E-15	-5.669E-15	0.8088
3	11.3412	LIVE2	LinStatic	0	-1.776E-15	-4.95E-15	1.2132
3	11.7456	LIVE2	LinStatic	0	-1.776E-15	-4.232E-15	1.6176
3	12.15	LIVE2	LinStatic	0	-1.776E-15	-3.514E-15	2.022
3	12.15	LIVE2	LinStatic	0	0	-3.553E-15	0
3	12.6	LIVE2	LinStatic	0	0	-3.553E-15	0.45
3	13.05	LIVE2	LinStatic	0	0	-3.553E-15	0.9
3	13.5	LIVE2	LinStatic	0	0	-3.553E-15	1.35
3	0	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-7.105E-15	0	0
3	0.25	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.25	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.61667	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-7.105E-15	4.382E-15	0.61667
3	0.98333	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-7.105E-15	6.987E-15	0.98333

3	1.35	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-7.105E-15	9.592E-15	1.35
3	1.35	LIVE3	LinStatic	4.263E-14	-7.105E-15	0	0
3	1.7	LIVE3	LinStatic	4.263E-14	-7.105E-15	2.487E-15	0.35
3	2.05	LIVE3	LinStatic	4.263E-14	-7.105E-15	4.974E-15	0.7
3	2.05	LIVE3	LinStatic	4.263E-14	-7.105E-15	4.974E-15	0.7
3	2.49067	LIVE3	LinStatic	4.263E-14	-7.105E-15	8.105E-15	1.14067
3	2.93133	LIVE3	LinStatic	4.263E-14	-7.105E-15	1.124E-14	1.58133
3	3.372	LIVE3	LinStatic	4.263E-14	-7.105E-15	1.437E-14	2.022
3	3.372	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	-21.70009	0
3	3.83	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	-16.26942	0.458
3	3.83	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	-16.26942	0
3	3.85	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	-16.03227	0.02
3	3.85	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	-16.03227	0.02
3	4.34333	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	-10.18264	0.51333
3	4.83667	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	-4.33301	1.00667
3	5.33	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	1.51662	1.5
3	5.33	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	1.51662	0
3	5.65	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-11.8574	5.31097	0.32
3	5.65	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-0.8574	5.31097	0.32
3	5.85	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-0.8574	5.48245	0.52
3	5.85	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-0.8574	5.48245	0.52
3	6.25	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-0.8574	5.82539	0.92
3	6.65	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-0.8574	6.16834	1.32
3	7.05	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-0.8574	6.51128	1.72
3	7.45	LIVE3	LinStatic	-3.8439	-0.8574	6.85422	2.12
3	7.45	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	6.85422	2.12
3	7.65	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	4.8257	2.32
3	7.65	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	4.8257	2.32
3	7.91	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	2.18861	2.58
3	8.17	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	-0.44848	2.84
3	8.17	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	-0.44848	0
3	8.67	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	-5.5198	0.5
3	9.17	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	-10.59112	1
3	9.67	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	-15.66244	1.5
3	9.67	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	-15.66244	0
3	10.128	LIVE3	LinStatic	-3.8439	10.1426	-20.30776	0.458
3	10.128	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-3.553E-15	-1.421E-14	0
3	10.5324	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-3.553E-15	-1.277E-14	0.4044
3	10.9368	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-3.553E-15	-1.134E-14	0.8088
3	11.3412	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-3.553E-15	-9.901E-15	1.2132
3	11.7456	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-3.553E-15	-8.464E-15	1.6176
3	12.15	LIVE3	LinStatic	1.421E-14	-3.553E-15	-7.027E-15	2.022

3	12.15	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0
3	12.6	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0.45
3	13.05	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0.9
3	13.5	LIVE3	LinStatic	0	0	0	1.35
3	0	LIVE4	LinStatic	1.776E-15	0	0	0
3	0.25	LIVE4	LinStatic	1.776E-15	0	0	0.25
3	0.25	LIVE4	LinStatic	1.776E-15	0	0	0.25
3	0.61667	LIVE4	LinStatic	1.776E-15	0	0	0.61667
3	0.98333	LIVE4	LinStatic	1.776E-15	0	0	0.98333
3	1.35	LIVE4	LinStatic	1.776E-15	0	0	1.35
3	1.35	LIVE4	LinStatic	8.882E-16	-1.421E-14	-1.776E-15	0
3	1.7	LIVE4	LinStatic	8.882E-16	-1.421E-14	3.197E-15	0.35
3	2.05	LIVE4	LinStatic	8.882E-16	-1.421E-14	8.171E-15	0.7
3	2.05	LIVE4	LinStatic	8.882E-16	-1.421E-14	8.171E-15	0.7
3	2.49067	LIVE4	LinStatic	8.882E-16	-1.421E-14	1.443E-14	1.14067
3	2.93133	LIVE4	LinStatic	8.882E-16	-1.421E-14	2.07E-14	1.58133
3	3.372	LIVE4	LinStatic	8.882E-16	-1.421E-14	2.696E-14	2.022
3	3.372	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	-21.11025	0
3	3.83	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	-16.07225	0.458
3	3.83	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	-16.07225	0
3	3.85	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	-15.85225	0.02
3	3.85	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	-15.85225	0.02
3	4.34333	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	-10.42558	0.51333
3	4.83667	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	-4.99892	1.00667
3	5.33	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	0.42775	1.5
3	5.33	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	0.42775	0
3	5.65	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	3.94775	0.32
3	5.65	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	3.94775	0.32
3	5.85	LIVE4	LinStatic	-3.8728	-11	6.14775	0.52
3	5.85	LIVE4	LinStatic	-3.8728	8.882E-15	6.14775	0.52
3	6.25	LIVE4	LinStatic	-3.8728	8.882E-15	6.14775	0.92
3	6.65	LIVE4	LinStatic	-3.8728	8.882E-15	6.14775	1.32
3	7.05	LIVE4	LinStatic	-3.8728	8.882E-15	6.14775	1.72
3	7.45	LIVE4	LinStatic	-3.8728	8.882E-15	6.14775	2.12
3	7.45	LIVE4	LinStatic	-3.8728	8.882E-15	6.14775	2.12
3	7.65	LIVE4	LinStatic	-3.8728	8.882E-15	6.14775	2.32
3	7.65	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	6.14775	2.32
3	7.91	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	3.28775	2.58
3	8.17	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	0.42775	2.84
3	8.17	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	0.42775	0
3	8.67	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	-5.07225	0.5
3	9.17	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	-10.57225	1

3	9.67	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	-16.07225	1.5
3	9.67	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	-16.07225	0
3	10.128	LIVE4	LinStatic	-3.8728	11	-21.11025	0.458
3	10.128	LIVE4	LinStatic	0	7.105E-15	-7.105E-15	0
3	10.5324	LIVE4	LinStatic	0	7.105E-15	-9.979E-15	0.4044
3	10.9368	LIVE4	LinStatic	0	7.105E-15	-1.285E-14	0.8088
3	11.3412	LIVE4	LinStatic	0	7.105E-15	-1.573E-14	1.2132
3	11.7456	LIVE4	LinStatic	0	7.105E-15	-1.86E-14	1.6176
3	12.15	LIVE4	LinStatic	0	7.105E-15	-2.147E-14	2.022
3	12.15	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0
3	12.6	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0.45
3	13.05	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0.9
3	13.5	LIVE4	LinStatic	0	0	0	1.35
3	0	VIENTO	LinStatic	9.095E-13	-7.105E-15	0	0
3	0.25	VIENTO	LinStatic	9.095E-13	-7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.25	VIENTO	LinStatic	9.095E-13	-7.105E-15	1.776E-15	0.25
3	0.61667	VIENTO	LinStatic	9.095E-13	-7.105E-15	4.382E-15	0.61667
3	0.98333	VIENTO	LinStatic	9.095E-13	-7.105E-15	6.987E-15	0.98333
3	1.35	VIENTO	LinStatic	9.095E-13	-7.105E-15	9.592E-15	1.35
3	1.35	VIENTO	LinStatic	1.364E-12	-7.105E-15	0	0
3	1.7	VIENTO	LinStatic	1.364E-12	-7.105E-15	2.487E-15	0.35
3	2.05	VIENTO	LinStatic	1.364E-12	-7.105E-15	4.974E-15	0.7
3	2.05	VIENTO	LinStatic	1.364E-12	-7.105E-15	4.974E-15	0.7
3	2.49067	VIENTO	LinStatic	1.364E-12	-7.105E-15	8.105E-15	1.14067
3	2.93133	VIENTO	LinStatic	1.364E-12	-7.105E-15	1.124E-14	1.58133
3	3.372	VIENTO	LinStatic	1.364E-12	-7.105E-15	1.437E-14	2.022
3	3.372	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	5.79358	0
3	3.83	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	4.95148	0.458
3	3.83	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	4.95148	0
3	3.85	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	4.9147	0.02
3	3.85	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	4.9147	0.02
3	4.34333	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	4.00764	0.51333
3	4.83667	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	3.10057	1.00667
3	5.33	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	2.1935	1.5
3	5.33	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	2.1935	0
3	5.65	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	1.60513	0.32
3	5.65	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	1.60513	0.32
3	5.85	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	1.2374	0.52
3	5.85	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	1.2374	0.52
3	6.25	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	0.50194	0.92
3	6.65	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-0.23352	1.32
3	7.05	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-0.96898	1.72

3	7.45	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-1.70444	2.12
3	7.45	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-1.70444	2.12
3	7.65	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-2.07217	2.32
3	7.65	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-2.07217	2.32
3	7.91	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-2.55022	2.58
3	8.17	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-3.02827	2.84
3	8.17	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-3.02827	0
3	8.67	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-3.94759	0.5
3	9.17	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-4.86692	1
3	9.67	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-5.78625	1.5
3	9.67	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-5.78625	0
3	10.128	VIENTO	LinStatic	-3.5232	1.8387	-6.62835	0.458
3	10.128	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	2.842E-14	0
3	10.5324	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	2.555E-14	0.4044
3	10.9368	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	2.267E-14	0.8088
3	11.3412	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	1.98E-14	1.2132
3	11.7456	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	1.693E-14	1.6176
3	12.15	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	1.405E-14	2.022
3	12.15	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	7.105E-15	0
3	12.6	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	3.908E-15	0.45
3	13.05	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	7.105E-16	0.9
3	13.5	VIENTO	LinStatic	0	7.105E-15	-2.487E-15	1.35
3	0	DW	LinStatic	2.842E-14	0	-1.11E-16	0
3	0.25	DW	LinStatic	2.842E-14	0.1196	-0.01495	0.25
3	0.25	DW	LinStatic	2.842E-14	0.1196	-0.01495	0.25
3	0.61667	DW	LinStatic	2.842E-14	0.295	-0.09094	0.61667
3	0.98333	DW	LinStatic	2.842E-14	0.4703	-0.23124	0.98333
3	1.35	DW	LinStatic	2.842E-14	0.6457	-0.43585	1.35
3	1.35	DW	LinStatic	7.105E-14	0.6457	-0.43585	0
3	1.7	DW	LinStatic	7.105E-14	1.0702	-0.73613	0.35
3	2.05	DW	LinStatic	7.105E-14	1.4946	-1.18497	0.7
3	2.05	DW	LinStatic	7.105E-14	1.4946	-1.18497	0.7
3	2.49067	DW	LinStatic	7.105E-14	2.029	-1.96135	1.14067
3	2.93133	DW	LinStatic	7.105E-14	2.5635	-2.97324	1.58133
3	3.372	DW	LinStatic	7.105E-14	3.0979	-4.22062	2.022
3	3.372	DW	LinStatic	0.9373	-3.9589	-5.37767	0
3	3.83	DW	LinStatic	0.9373	-3.4035	-3.69169	0.458
3	3.83	DW	LinStatic	0.9373	-3.4035	-3.69169	0
3	3.85	DW	LinStatic	0.9373	-3.3792	-3.62386	0.02
3	3.85	DW	LinStatic	0.9373	-3.3792	-3.62386	0.02
3	4.34333	DW	LinStatic	0.9373	-2.7809	-2.10435	0.51333
3	4.83667	DW	LinStatic	0.9373	-2.1826	-0.88	1.00667

3	5.33	DW	LinStatic	0.9373	-1.5844	0.04919	1.5
3	5.33	DW	LinStatic	0.9373	-1.5844	0.04919	0
3	5.65	DW	LinStatic	0.9373	-1.1963	0.49409	0.32
3	5.65	DW	LinStatic	0.9373	-1.1963	0.49409	0.32
3	5.85	DW	LinStatic	0.9373	-0.9537	0.70909	0.52
3	5.85	DW	LinStatic	0.9373	-0.9537	0.70909	0.52
3	6.25	DW	LinStatic	0.9373	-0.4686	0.99356	0.92
3	6.65	DW	LinStatic	0.9373	0.0165	1.08399	1.32
3	7.05	DW	LinStatic	0.9373	0.5016	0.98038	1.72
3	7.45	DW	LinStatic	0.9373	0.9867	0.68273	2.12
3	7.45	DW	LinStatic	0.9373	0.9867	0.68273	2.12
3	7.65	DW	LinStatic	0.9373	1.2292	0.46114	2.32
3	7.65	DW	LinStatic	0.9373	1.2292	0.46114	2.32
3	7.91	DW	LinStatic	0.9373	1.5445	0.10055	2.58
3	8.17	DW	LinStatic	0.9373	1.8599	-0.34202	2.84
3	8.17	DW	LinStatic	0.9373	1.8599	-0.34202	0
3	8.67	DW	LinStatic	0.9373	2.4662	-1.42355	0.5
3	9.17	DW	LinStatic	0.9373	3.0726	-2.80825	1
3	9.67	DW	LinStatic	0.9373	3.679	-4.49615	1.5
3	9.67	DW	LinStatic	0.9373	3.679	-4.49615	0
3	10.128	DW	LinStatic	0.9373	4.2344	-6.30832	0.458
3	10.128	DW	LinStatic	-1.421E-14	-3.5314	-5.18063	0
3	10.5324	DW	LinStatic	-1.421E-14	-3.041	-3.85169	0.4044
3	10.9368	DW	LinStatic	-1.421E-14	-2.5506	-2.72108	0.8088
3	11.3412	DW	LinStatic	-1.421E-14	-2.0601	-1.78881	1.2132
3	11.7456	DW	LinStatic	-1.421E-14	-1.5697	-1.05486	1.6176
3	12.15	DW	LinStatic	-1.421E-14	-1.0792	-0.51925	2.022
3	12.15	DW	LinStatic	0	-1.0792	-0.51925	0
3	12.6	DW	LinStatic	0	-0.5335	-0.15638	0.45
3	13.05	DW	LinStatic	0	-0.1273	-0.02863	0.9
3	13.5	DW	LinStatic	0	-7.772E-16	2.491E-15	1.35
3	0	COMB1	Combination	-1.55E-12	1.512E-13	8.327E-16	0
3	0.25	COMB1	Combination	-1.55E-12	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.25	COMB1	Combination	-1.55E-12	20.0137	-0.09547	0.25
3	0.61667	COMB1	Combination	-1.55E-12	21.1339	-7.6392	0.61667
3	0.98333	COMB1	Combination	-1.55E-12	22.254	-15.59365	0.98333
3	1.35	COMB1	Combination	-1.55E-12	23.3742	-23.95882	1.35
3	1.35	COMB1	Combination	-3.08E-12	23.3742	-23.95882	0
3	1.7	COMB1	Combination	-3.08E-12	24.8522	-32.39708	0.35
3	2.05	COMB1	Combination	-3.08E-12	26.3765	-41.36075	0.7
3	2.05	COMB1	Combination	-3.08E-12	45.6265	-41.36075	0.7
3	2.49067	COMB1	Combination	-3.08E-12	47.6116	-61.90153	1.14067

3	2.93133	COMB1	Combination	-3.08E-12	49.6702	-83.33327	1.58133
3	3.372	COMB1	Combination	-3.08E-12	51.8023	-105.68835	2.022
3	3.372	COMB1	Combination	18.8738	-27.0267	-66.11243	0
3	3.83	COMB1	Combination	18.8738	-24.7726	-54.25039	0.458
3	3.83	COMB1	Combination	18.8738	-24.7726	-54.25039	0
3	3.85	COMB1	Combination	18.8738	-24.6743	-53.75592	0.02
3	3.85	COMB1	Combination	18.8738	-24.6743	-53.75592	0.02
3	4.34333	COMB1	Combination	18.8738	-22.3134	-42.17074	0.51333
3	4.83667	COMB1	Combination	18.8738	-20.0766	-31.71966	1.00667
3	5.33	COMB1	Combination	18.8738	-17.9639	-22.34144	1.5
3	5.33	COMB1	Combination	18.8738	-17.9639	-22.34144	0
3	5.65	COMB1	Combination	18.8738	-16.6338	-16.8058	0.32
3	5.65	COMB1	Combination	18.8738	-16.6338	-16.8058	0.32
3	5.85	COMB1	Combination	18.8738	-15.8025	-13.56218	0.52
3	5.85	COMB1	Combination	18.8738	-15.8025	-13.56218	0.52
3	6.25	COMB1	Combination	18.8738	-14.1398	-7.57372	0.92
3	6.65	COMB1	Combination	18.8738	-12.4772	-2.25032	1.32
3	7.05	COMB1	Combination	18.8738	-10.8145	2.40802	1.72
3	7.45	COMB1	Combination	18.8738	-9.1519	6.40129	2.12
3	7.45	COMB1	Combination	18.8738	-9.1519	6.40129	2.12
3	7.65	COMB1	Combination	18.8738	-8.3205	8.14853	2.32
3	7.65	COMB1	Combination	18.8738	-8.3205	8.14853	2.32
3	7.91	COMB1	Combination	18.8738	-7.2398	10.17138	2.58
3	8.17	COMB1	Combination	18.8738	-6.1591	11.91324	2.84
3	8.17	COMB1	Combination	18.8738	-6.1591	11.91324	0
3	8.67	COMB1	Combination	18.8738	-4.017	14.46259	0.5
3	9.17	COMB1	Combination	18.8738	-1.7475	15.90903	1
3	9.67	COMB1	Combination	18.8738	0.6496	16.18881	1.5
3	9.67	COMB1	Combination	18.8738	0.6496	16.18881	0
3	10.128	COMB1	Combination	18.8738	2.9037	15.37511	0.458
3	10.128	COMB1	Combination	1.57E-12	-13.9526	-21.58137	0
3	10.5324	COMB1	Combination	1.57E-12	-11.9932	-16.33721	0.4044
3	10.9368	COMB1	Combination	1.57E-12	-10.0957	-11.8729	0.8088
3	11.3412	COMB1	Combination	1.57E-12	-8.2601	-8.16343	1.2132
3	11.7456	COMB1	Combination	1.57E-12	-6.4864	-5.18378	1.6176
3	12.15	COMB1	Combination	1.57E-12	-4.7745	-2.90892	2.022
3	12.15	COMB1	Combination	0	-4.7745	-2.90892	0
3	12.6	COMB1	Combination	0	-2.904	-1.18126	0.45
3	13.05	COMB1	Combination	0	-1.2428	-0.27962	0.9
3	13.5	COMB1	Combination	0	1.86E-15	-1.118E-14	1.35
3	0	COMB2	Combination	-7.54E-13	-2.287E-14	8.327E-16	0
3	0.25	COMB2	Combination	-7.54E-13	0.7637	-0.09547	0.25



3	0.25	COMB2	Combination	-7.54E-13	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.61667	COMB2	Combination	-7.54E-13	1.8839	-0.58086	0.61667
3	0.98333	COMB2	Combination	-7.54E-13	3.004	-1.47698	0.98333
3	1.35	COMB2	Combination	-7.54E-13	4.1242	-2.78382	1.35
3	1.35	COMB2	Combination	-6.927E-13	4.1242	-2.78382	0
3	1.7	COMB2	Combination	-6.927E-13	5.6022	-4.48458	0.35
3	2.05	COMB2	Combination	-6.927E-13	7.1265	-6.71075	0.7
3	2.05	COMB2	Combination	-6.927E-13	26.3765	-6.71075	0.7
3	2.49067	COMB2	Combination	-6.927E-13	28.3616	-18.76869	1.14067
3	2.93133	COMB2	Combination	-6.927E-13	30.4202	-31.7176	1.58133
3	3.372	COMB2	Combination	-6.927E-13	32.5523	-45.58985	2.022
3	3.372	COMB2	Combination	10.4501	-37.9231	-43.51482	0
3	3.83	COMB2	Combination	10.4501	-35.669	-26.66225	0.458
3	3.83	COMB2	Combination	10.4501	-35.669	-26.66225	0
3	3.85	COMB2	Combination	10.4501	-35.5706	-25.94985	0.02
3	3.85	COMB2	Combination	10.4501	-16.3206	-25.94985	0.02
3	4.34333	COMB2	Combination	10.4501	-13.9597	-18.4858	0.51333
3	4.83667	COMB2	Combination	10.4501	-11.7229	-12.15585	1.00667
3	5.33	COMB2	Combination	10.4501	-9.6103	-6.89876	1.5
3	5.33	COMB2	Combination	10.4501	-9.6103	-6.89876	0
3	5.65	COMB2	Combination	10.4501	-8.2802	-4.03629	0.32
3	5.65	COMB2	Combination	10.4501	-8.2802	-4.03629	0.32
3	5.85	COMB2	Combination	10.4501	-7.4488	-2.46339	0.52
3	5.85	COMB2	Combination	10.4501	-7.4488	-2.46339	0.52
3	6.25	COMB2	Combination	10.4501	-5.7862	0.18361	0.92
3	6.65	COMB2	Combination	10.4501	-4.1235	2.16555	1.32
3	7.05	COMB2	Combination	10.4501	-2.4609	3.48243	1.72
3	7.45	COMB2	Combination	10.4501	-0.7982	4.13425	2.12
3	7.45	COMB2	Combination	10.4501	-0.7982	4.13425	2.12
3	7.65	COMB2	Combination	10.4501	0.0331	4.21076	2.32
3	7.65	COMB2	Combination	10.4501	0.0331	4.21076	2.32
3	7.91	COMB2	Combination	10.4501	1.1138	4.06166	2.58
3	8.17	COMB2	Combination	10.4501	2.1945	3.63158	2.84
3	8.17	COMB2	Combination	10.4501	2.1945	3.63158	0
3	8.67	COMB2	Combination	10.4501	4.3366	2.0041	0.5
3	9.17	COMB2	Combination	10.4501	6.6062	-0.72628	1
3	9.67	COMB2	Combination	10.4501	9.0032	-4.62332	1.5
3	9.67	COMB2	Combination	10.4501	9.0032	-4.62332	0
3	10.128	COMB2	Combination	10.4501	11.2573	-9.26299	0.458
3	10.128	COMB2	Combination	-8.171E-13	-13.9526	-21.58137	0
3	10.5324	COMB2	Combination	-8.171E-13	-11.9932	-16.33721	0.4044
3	10.9368	COMB2	Combination	-8.171E-13	-10.0957	-11.8729	0.8088

3	11.3412	COMB2	Combination	-8.171E-13	-8.2601	-8.16343	1.2132
3	11.7456	COMB2	Combination	-8.171E-13	-6.4864	-5.18378	1.6176
3	12.15	COMB2	Combination	-8.171E-13	-4.7745	-2.90892	2.022
3	12.15	COMB2	Combination	0	-4.7745	-2.90892	0
3	12.6	COMB2	Combination	0	-2.904	-1.18126	0.45
3	13.05	COMB2	Combination	0	-1.2428	-0.27962	0.9
3	13.5	COMB2	Combination	0	8.077E-15	-7.141E-15	1.35
3	0	COMB3	Combination	4.186E-14	1.998E-15	8.327E-16	0
3	0.25	COMB3	Combination	4.186E-14	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.25	COMB3	Combination	4.186E-14	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.61667	COMB3	Combination	4.186E-14	1.8839	-0.58086	0.61667
3	0.98333	COMB3	Combination	4.186E-14	3.004	-1.47698	0.98333
3	1.35	COMB3	Combination	4.186E-14	4.1242	-2.78382	1.35
3	1.35	COMB3	Combination	7.827E-14	4.1242	-2.78382	0
3	1.7	COMB3	Combination	7.827E-14	5.6022	-4.48458	0.35
3	2.05	COMB3	Combination	7.827E-14	7.1265	-6.71075	0.7
3	2.05	COMB3	Combination	7.827E-14	7.1265	-6.71075	0.7
3	2.49067	COMB3	Combination	7.827E-14	9.1116	-10.28586	1.14067
3	2.93133	COMB3	Combination	7.827E-14	11.1702	-14.75193	1.58133
3	3.372	COMB3	Combination	7.827E-14	13.3023	-20.14135	2.022
3	3.372	COMB3	Combination	2.5967	-47.8399	-50.15455	0
3	3.83	COMB3	Combination	2.5967	-45.5858	-28.76006	0.458
3	3.83	COMB3	Combination	2.5967	-45.5858	-28.76006	0
3	3.85	COMB3	Combination	2.5967	-45.4875	-27.84933	0.02
3	3.85	COMB3	Combination	2.5967	-26.2375	-27.84933	0.02
3	4.34333	COMB3	Combination	2.5967	-23.8766	-15.49298	0.51333
3	4.83667	COMB3	Combination	2.5967	-21.6398	-4.27072	1.00667
3	5.33	COMB3	Combination	2.5967	-19.5271	5.87868	1.5
3	5.33	COMB3	Combination	2.5967	-19.5271	5.87868	0
3	5.65	COMB3	Combination	2.5967	-18.197	11.91453	0.32
3	5.65	COMB3	Combination	2.5967	1.053	11.91453	0.32
3	5.85	COMB3	Combination	2.5967	1.8843	11.6208	0.52
3	5.85	COMB3	Combination	2.5967	1.8843	11.6208	0.52
3	6.25	COMB3	Combination	2.5967	3.547	10.53453	0.92
3	6.65	COMB3	Combination	2.5967	5.2096	8.78321	1.32
3	7.05	COMB3	Combination	2.5967	6.8723	6.36682	1.72
3	7.45	COMB3	Combination	2.5967	8.5349	3.28538	2.12
3	7.45	COMB3	Combination	2.5967	8.5349	3.28538	2.12
3	7.65	COMB3	Combination	2.5967	9.3663	1.49526	2.32
3	7.65	COMB3	Combination	2.5967	9.3663	1.49526	2.32
3	7.91	COMB3	Combination	2.5967	10.447	-1.08046	2.58
3	8.17	COMB3	Combination	2.5967	11.5277	-3.93717	2.84

3	8.17	COMB3	Combination	2.5967	11.5277	-3.93717	0
3	8.67	COMB3	Combination	2.5967	13.6698	-10.23123	0.5
3	9.17	COMB3	Combination	2.5967	15.9393	-17.62819	1
3	9.67	COMB3	Combination	2.5967	18.3364	-26.19181	1.5
3	9.67	COMB3	Combination	2.5967	18.3364	-26.19181	0
3	10.128	COMB3	Combination	2.5967	20.5905	-35.10607	0.458
3	10.128	COMB3	Combination	-2.132E-14	-13.9526	-21.58137	0
3	10.5324	COMB3	Combination	-2.132E-14	-11.9932	-16.33721	0.4044
3	10.9368	COMB3	Combination	-2.132E-14	-10.0957	-11.8729	0.8088
3	11.3412	COMB3	Combination	-2.132E-14	-8.2601	-8.16343	1.2132
3	11.7456	COMB3	Combination	-2.132E-14	-6.4864	-5.18378	1.6176
3	12.15	COMB3	Combination	-2.132E-14	-4.7745	-2.90892	2.022
3	12.15	COMB3	Combination	0	-4.7745	-2.90892	0
3	12.6	COMB3	Combination	0	-2.904	-1.18126	0.45
3	13.05	COMB3	Combination	0	-1.2428	-0.27962	0.9
3	13.5	COMB3	Combination	0	1.86E-15	-4.965E-15	1.35
3	0	COMB4	Combination	6.672E-14	-1.044E-14	8.327E-16	0
3	0.25	COMB4	Combination	6.672E-14	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.25	COMB4	Combination	6.672E-14	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.61667	COMB4	Combination	6.672E-14	1.8839	-0.58086	0.61667
3	0.98333	COMB4	Combination	6.672E-14	3.004	-1.47698	0.98333
3	1.35	COMB4	Combination	6.672E-14	4.1242	-2.78382	1.35
3	1.35	COMB4	Combination	1.777E-13	4.1242	-2.78382	0
3	1.7	COMB4	Combination	1.777E-13	5.6022	-4.48458	0.35
3	2.05	COMB4	Combination	1.777E-13	7.1265	-6.71075	0.7
3	2.05	COMB4	Combination	1.777E-13	7.1265	-6.71075	0.7
3	2.49067	COMB4	Combination	1.777E-13	9.1116	-10.28586	1.14067
3	2.93133	COMB4	Combination	1.777E-13	11.1702	-14.75193	1.58133
3	3.372	COMB4	Combination	1.777E-13	13.3023	-20.14135	2.022
3	3.372	COMB4	Combination	-1.5062	-35.509	-58.28343	0
3	3.83	COMB4	Combination	-1.5062	-33.2548	-42.53652	0.458
3	3.83	COMB4	Combination	-1.5062	-33.2548	-42.53652	0
3	3.85	COMB4	Combination	-1.5062	-33.1565	-41.8724	0.02
3	3.85	COMB4	Combination	-1.5062	-33.1565	-41.8724	0.02
3	4.34333	COMB4	Combination	-1.5062	-30.7956	-26.10265	0.51333
3	4.83667	COMB4	Combination	-1.5062	-28.5588	-11.46699	1.00667
3	5.33	COMB4	Combination	-1.5062	-26.4462	2.0958	1.5
3	5.33	COMB4	Combination	-1.5062	-26.4462	2.0958	0
3	5.65	COMB4	Combination	-1.5062	-25.116	10.34576	0.32
3	5.65	COMB4	Combination	-1.5062	-5.866	10.34576	0.32
3	5.85	COMB4	Combination	-1.5062	-5.0347	11.43583	0.52
3	5.85	COMB4	Combination	-1.5062	-5.0347	11.43583	0.52

3	6.25	COMB4	Combination	-1.5062	-3.3721	13.11719	0.92
3	6.65	COMB4	Combination	-1.5062	-1.7094	14.13349	1.32
3	7.05	COMB4	Combination	-1.5062	-0.0468	14.48472	1.72
3	7.45	COMB4	Combination	-1.5062	1.6159	14.1709	2.12
3	7.45	COMB4	Combination	-1.5062	20.8659	14.1709	2.12
3	7.65	COMB4	Combination	-1.5062	21.6972	9.91459	2.32
3	7.65	COMB4	Combination	-1.5062	21.6972	9.91459	2.32
3	7.91	COMB4	Combination	-1.5062	22.7779	4.13282	2.58
3	8.17	COMB4	Combination	-1.5062	23.8587	-1.92993	2.84
3	8.17	COMB4	Combination	-1.5062	23.8587	-1.92993	0
3	8.67	COMB4	Combination	-1.5062	26.0007	-14.38946	0.5
3	9.17	COMB4	Combination	-1.5062	28.2703	-27.9519	1
3	9.67	COMB4	Combination	-1.5062	30.6673	-42.68099	1.5
3	9.67	COMB4	Combination	-1.5062	30.6673	-42.68099	0
3	10.128	COMB4	Combination	-1.5062	32.9214	-57.24282	0.458
3	10.128	COMB4	Combination	3.553E-15	-13.9526	-21.58137	0
3	10.5324	COMB4	Combination	3.553E-15	-11.9932	-16.33721	0.4044
3	10.9368	COMB4	Combination	3.553E-15	-10.0957	-11.8729	0.8088
3	11.3412	COMB4	Combination	3.553E-15	-8.2601	-8.16343	1.2132
3	11.7456	COMB4	Combination	3.553E-15	-6.4864	-5.18378	1.6176
3	12.15	COMB4	Combination	3.553E-15	-4.7745	-2.90892	2.022
3	12.15	COMB4	Combination	0	-4.7745	-2.90892	0
3	12.6	COMB4	Combination	0	-2.904	-1.18126	0.45
3	13.05	COMB4	Combination	0	-1.2428	-0.27962	0.9
3	13.5	COMB4	Combination	0	1.86E-15	1.252E-15	1.35
3	0	COMB5	Combination	4.496E-14	1.998E-15	8.327E-16	0
3	0.25	COMB5	Combination	4.496E-14	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.25	COMB5	Combination	4.496E-14	0.7637	-0.09547	0.25
3	0.61667	COMB5	Combination	4.496E-14	1.8839	-0.58086	0.61667
3	0.98333	COMB5	Combination	4.496E-14	3.004	-1.47698	0.98333
3	1.35	COMB5	Combination	4.496E-14	4.1242	-2.78382	1.35
3	1.35	COMB5	Combination	1.047E-13	4.1242	-2.78382	0
3	1.7	COMB5	Combination	1.047E-13	5.6022	-4.48458	0.35
3	2.05	COMB5	Combination	1.047E-13	7.1265	-6.71075	0.7
3	2.05	COMB5	Combination	1.047E-13	7.1265	-6.71075	0.7
3	2.49067	COMB5	Combination	1.047E-13	9.1116	-10.28586	1.14067
3	2.93133	COMB5	Combination	1.047E-13	11.1702	-14.75193	1.58133
3	3.372	COMB5	Combination	1.047E-13	13.3023	-20.14135	2.022
3	3.372	COMB5	Combination	-1.5567	-34.0086	-57.2512	0
3	3.83	COMB5	Combination	-1.5567	-31.7545	-42.19147	0.458
3	3.83	COMB5	Combination	-1.5567	-31.7545	-42.19147	0
3	3.85	COMB5	Combination	-1.5567	-31.6561	-41.55736	0.02

3	3.85	COMB5	Combination	-1.5567	-31.6561	-41.55736	0.02
3	4.34333	COMB5	Combination	-1.5567	-29.2952	-26.52779	0.51333
3	4.83667	COMB5	Combination	-1.5567	-27.0584	-12.63232	1.00667
3	5.33	COMB5	Combination	-1.5567	-24.9458	0.19028	1.5
3	5.33	COMB5	Combination	-1.5567	-24.9458	0.19028	0
3	5.65	COMB5	Combination	-1.5567	-23.6157	7.96011	0.32
3	5.65	COMB5	Combination	-1.5567	-23.6157	7.96011	0.32
3	5.85	COMB5	Combination	-1.5567	-22.7843	12.60011	0.52
3	5.85	COMB5	Combination	-1.5567	-3.5343	12.60011	0.52
3	6.25	COMB5	Combination	-1.5567	-1.8717	13.68132	0.92
3	6.65	COMB5	Combination	-1.5567	-0.209	14.09746	1.32
3	7.05	COMB5	Combination	-1.5567	1.4536	13.84855	1.72
3	7.45	COMB5	Combination	-1.5567	3.1163	12.93457	2.12
3	7.45	COMB5	Combination	-1.5567	3.1163	12.93457	2.12
3	7.65	COMB5	Combination	-1.5567	3.9476	12.22819	2.32
3	7.65	COMB5	Combination	-1.5567	23.1976	12.22819	2.32
3	7.91	COMB5	Combination	-1.5567	24.2783	6.05632	2.58
3	8.17	COMB5	Combination	-1.5567	25.359	-0.39654	2.84
3	8.17	COMB5	Combination	-1.5567	25.359	-0.39654	0
3	8.67	COMB5	Combination	-1.5567	27.5011	-13.60626	0.5
3	9.17	COMB5	Combination	-1.5567	29.7707	-27.91888	1
3	9.67	COMB5	Combination	-1.5567	32.1677	-43.39816	1.5
3	9.67	COMB5	Combination	-1.5567	32.1677	-43.39816	0
3	10.128	COMB5	Combination	-1.5567	34.4218	-58.64717	0.458
3	10.128	COMB5	Combination	-2.132E-14	-13.9526	-21.58137	0
3	10.5324	COMB5	Combination	-2.132E-14	-11.9932	-16.33721	0.4044
3	10.9368	COMB5	Combination	-2.132E-14	-10.0957	-11.8729	0.8088
3	11.3412	COMB5	Combination	-2.132E-14	-8.2601	-8.16343	1.2132
3	11.7456	COMB5	Combination	-2.132E-14	-6.4864	-5.18378	1.6176
3	12.15	COMB5	Combination	-2.132E-14	-4.7745	-2.90892	2.022
3	12.15	COMB5	Combination	0	-4.7745	-2.90892	0
3	12.6	COMB5	Combination	0	-2.904	-1.18126	0.45
3	13.05	COMB5	Combination	0	-1.2428	-0.27962	0.9
3	13.5	COMB5	Combination	0	1.86E-15	1.252E-15	1.35
4	0	DEAD	LinStatic	-5.1488	-0.4447	-0.34682	0
4	2.78887	DEAD	LinStatic	-7.9538	0.0286	0.23345	2.78887
4	5.57774	DEAD	LinStatic	-10.7588	0.5019	-0.50619	5.57774
4	0	LIVE	LinStatic	-29.9041	-2.8664	-22.71019	0
4	2.78887	LIVE	LinStatic	-29.9041	-2.8664	-14.71605	2.78887
4	5.57774	LIVE	LinStatic	-29.9041	-2.8664	-6.72191	5.57774
4	0	LIVE1	LinStatic	-24.3962	1.0859	-1.28111	0
4	2.78887	LIVE1	LinStatic	-24.3962	1.0859	-4.30942	2.78887

4	5.57774	LIVE1	LinStatic	-24.3962	1.0859	-7.33772	5.57774
4	0	LIVE2	LinStatic	-18.3907	4.6236	17.05502	0
4	2.78887	LIVE2	LinStatic	-18.3907	4.6236	4.16033	2.78887
4	5.57774	LIVE2	LinStatic	-18.3907	4.6236	-8.73435	5.57774
4	0	LIVE3	LinStatic	-11.0526	5.7631	21.70009	0
4	2.78887	LIVE3	LinStatic	-11.0526	5.7631	5.62744	2.78887
4	5.57774	LIVE3	LinStatic	-11.0526	5.7631	-10.44522	5.57774
4	0	LIVE4	LinStatic	-10.2024	5.6489	21.11025	0
4	2.78887	LIVE4	LinStatic	-10.2024	5.6489	5.35614	2.78887
4	5.57774	LIVE4	LinStatic	-10.2024	5.6489	-10.39798	5.57774
4	0	VIENTO	LinStatic	2.3992	3.1682	-5.79358	0
4	2.78887	VIENTO	LinStatic	0.8866	-5.7968	-2.12814	2.78887
4	5.57774	VIENTO	LinStatic	-0.6261	-14.7618	26.53952	5.57774
4	0	DW	LinStatic	-7.1144	0.2499	1.15705	0
4	2.78887	DW	LinStatic	-7.1144	0.2499	0.46014	2.78887
4	5.57774	DW	LinStatic	-7.1144	0.2499	-0.23677	5.57774
4	0	COMB1	Combination	-80.8705	-5.4956	-39.57592	0
4	2.78887	COMB1	Combination	-84.3767	-4.904	-25.07447	2.78887
4	5.57774	COMB1	Combination	-87.883	-4.3124	-12.22292	5.57774
4	0	COMB2	Combination	-71.2317	1.421	-2.07503	0
4	2.78887	COMB2	Combination	-74.738	2.0126	-6.86286	2.78887
4	5.57774	COMB2	Combination	-78.2442	2.6042	-13.30059	5.57774
4	0	COMB3	Combination	-60.722	7.6121	30.0132	0
4	2.78887	COMB3	Combination	-64.2283	8.2037	7.9592	2.78887
4	5.57774	COMB3	Combination	-67.7345	8.7953	-15.74469	5.57774
4	0	COMB4	Combination	-47.8803	9.6062	38.14208	0
4	2.78887	COMB4	Combination	-51.3866	10.1978	10.52663	2.78887
4	5.57774	COMB4	Combination	-54.8928	10.7894	-18.73871	5.57774
4	0	COMB5	Combination	-46.3925	9.4063	37.10985	0
4	2.78887	COMB5	Combination	-49.8987	9.9979	10.05186	2.78887
4	5.57774	COMB5	Combination	-53.405	10.5895	-18.65604	5.57774
5	0	DEAD	LinStatic	0	-2.6491	-2.16339	0
5	0.49	DEAD	LinStatic	0	-2.1192	-0.99516	0.49
5	0.98	DEAD	LinStatic	0	-1.5894	-0.08654	0.98
5	1.47	DEAD	LinStatic	0	-1.0596	0.56248	1.47
5	1.96	DEAD	LinStatic	0	-0.5298	0.95189	1.96
5	2.45	DEAD	LinStatic	0	-4.33E-15	1.0817	2.45
5	2.94	DEAD	LinStatic	0	0.5298	0.95189	2.94
5	3.43	DEAD	LinStatic	0	1.0596	0.56248	3.43
5	3.92	DEAD	LinStatic	0	1.5894	-0.08654	3.92
5	4.41	DEAD	LinStatic	0	2.1192	-0.99516	4.41
5	4.9	DEAD	LinStatic	0	2.6491	-2.16339	4.9

5	0	LIVE	LinStatic	0	0	0	0
5	0.49	LIVE	LinStatic	0	0	0	0.49
5	0.98	LIVE	LinStatic	0	0	0	0.98
5	1.47	LIVE	LinStatic	0	0	0	1.47
5	1.96	LIVE	LinStatic	0	0	0	1.96
5	2.45	LIVE	LinStatic	0	0	0	2.45
5	2.94	LIVE	LinStatic	0	0	0	2.94
5	3.43	LIVE	LinStatic	0	0	0	3.43
5	3.92	LIVE	LinStatic	0	0	0	3.92
5	4.41	LIVE	LinStatic	0	0	0	4.41
5	4.9	LIVE	LinStatic	0	0	0	4.9
5	0	LIVE1	LinStatic	0	0	0	0
5	0.49	LIVE1	LinStatic	0	0	0	0.49
5	0.98	LIVE1	LinStatic	0	0	0	0.98
5	1.47	LIVE1	LinStatic	0	0	0	1.47
5	1.96	LIVE1	LinStatic	0	0	0	1.96
5	2.45	LIVE1	LinStatic	0	0	0	2.45
5	2.94	LIVE1	LinStatic	0	0	0	2.94
5	3.43	LIVE1	LinStatic	0	0	0	3.43
5	3.92	LIVE1	LinStatic	0	0	0	3.92
5	4.41	LIVE1	LinStatic	0	0	0	4.41
5	4.9	LIVE1	LinStatic	0	0	0	4.9
5	0	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0
5	0.49	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.49
5	0.98	LIVE2	LinStatic	0	0	0	0.98
5	1.47	LIVE2	LinStatic	0	0	0	1.47
5	1.96	LIVE2	LinStatic	0	0	0	1.96
5	2.45	LIVE2	LinStatic	0	0	0	2.45
5	2.94	LIVE2	LinStatic	0	0	0	2.94
5	3.43	LIVE2	LinStatic	0	0	0	3.43
5	3.92	LIVE2	LinStatic	0	0	0	3.92
5	4.41	LIVE2	LinStatic	0	0	0	4.41
5	4.9	LIVE2	LinStatic	0	0	0	4.9
5	0	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0
5	0.49	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0.49
5	0.98	LIVE3	LinStatic	0	0	0	0.98
5	1.47	LIVE3	LinStatic	0	0	0	1.47
5	1.96	LIVE3	LinStatic	0	0	0	1.96
5	2.45	LIVE3	LinStatic	0	0	0	2.45
5	2.94	LIVE3	LinStatic	0	0	0	2.94
5	3.43	LIVE3	LinStatic	0	0	0	3.43
5	3.92	LIVE3	LinStatic	0	0	0	3.92

5	4.41	LIVE3	LinStatic	0	0	0	4.41
5	4.9	LIVE3	LinStatic	0	0	0	4.9
5	0	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0
5	0.49	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0.49
5	0.98	LIVE4	LinStatic	0	0	0	0.98
5	1.47	LIVE4	LinStatic	0	0	0	1.47
5	1.96	LIVE4	LinStatic	0	0	0	1.96
5	2.45	LIVE4	LinStatic	0	0	0	2.45
5	2.94	LIVE4	LinStatic	0	0	0	2.94
5	3.43	LIVE4	LinStatic	0	0	0	3.43
5	3.92	LIVE4	LinStatic	0	0	0	3.92
5	4.41	LIVE4	LinStatic	0	0	0	4.41
5	4.9	LIVE4	LinStatic	0	0	0	4.9
5	0	VIENTO	LinStatic	0	0	0	0
5	0.49	VIENTO	LinStatic	0	0	0	0.49
5	0.98	VIENTO	LinStatic	0	0	0	0.98
5	1.47	VIENTO	LinStatic	0	0	0	1.47
5	1.96	VIENTO	LinStatic	0	0	0	1.96
5	2.45	VIENTO	LinStatic	0	0	0	2.45
5	2.94	VIENTO	LinStatic	0	0	0	2.94
5	3.43	VIENTO	LinStatic	0	0	0	3.43
5	3.92	VIENTO	LinStatic	0	0	0	3.92
5	4.41	VIENTO	LinStatic	0	0	0	4.41
5	4.9	VIENTO	LinStatic	0	0	0	4.9
5	0	DW	LinStatic	0	0	0	0
5	0.49	DW	LinStatic	0	0	0	0.49
5	0.98	DW	LinStatic	0	0	0	0.98
5	1.47	DW	LinStatic	0	0	0	1.47
5	1.96	DW	LinStatic	0	0	0	1.96
5	2.45	DW	LinStatic	0	0	0	2.45
5	2.94	DW	LinStatic	0	0	0	2.94
5	3.43	DW	LinStatic	0	0	0	3.43
5	3.92	DW	LinStatic	0	0	0	3.92
5	4.41	DW	LinStatic	0	0	0	4.41
5	4.9	DW	LinStatic	0	0	0	4.9
5	0	COMB1	Combination	0	-3.3113	-2.70424	0
5	0.49	COMB1	Combination	0	-2.6491	-1.24395	0.49
5	0.98	COMB1	Combination	0	-1.9868	-0.10817	0.98
5	1.47	COMB1	Combination	0	-1.3245	0.7031	1.47
5	1.96	COMB1	Combination	0	-0.6623	1.18987	1.96
5	2.45	COMB1	Combination	0	-5.412E-15	1.35212	2.45
5	2.94	COMB1	Combination	0	0.6623	1.18987	2.94



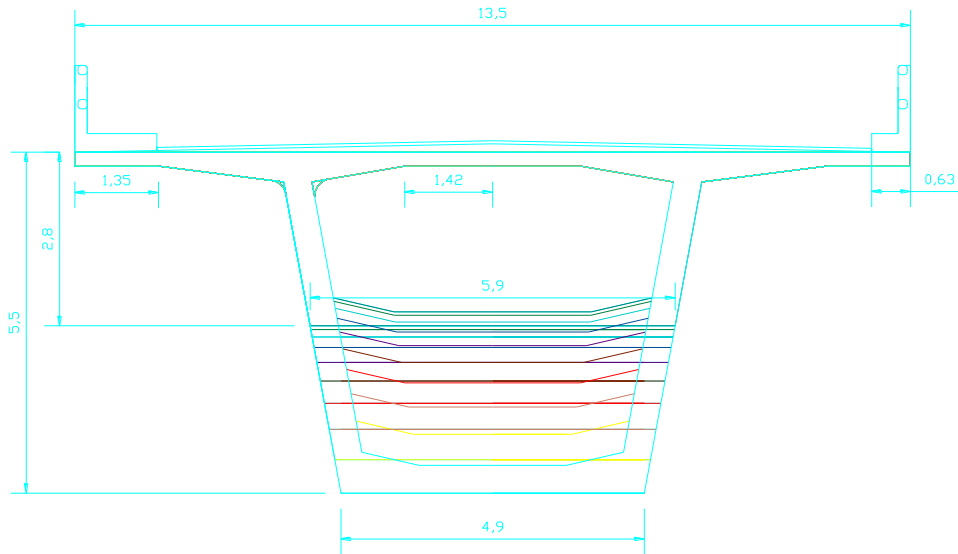
5	3.43	COMB1	Combination	0	1.3245	0.7031	3.43
5	3.92	COMB1	Combination	0	1.9868	-0.10817	3.92
5	4.41	COMB1	Combination	0	2.6491	-1.24395	4.41
5	4.9	COMB1	Combination	0	3.3113	-2.70424	4.9
5	0	COMB2	Combination	0	-3.3113	-2.70424	0
5	0.49	COMB2	Combination	0	-2.6491	-1.24395	0.49
5	0.98	COMB2	Combination	0	-1.9868	-0.10817	0.98
5	1.47	COMB2	Combination	0	-1.3245	0.7031	1.47
5	1.96	COMB2	Combination	0	-0.6623	1.18987	1.96
5	2.45	COMB2	Combination	0	-5.412E-15	1.35212	2.45
5	2.94	COMB2	Combination	0	0.6623	1.18987	2.94
5	3.43	COMB2	Combination	0	1.3245	0.7031	3.43
5	3.92	COMB2	Combination	0	1.9868	-0.10817	3.92
5	4.41	COMB2	Combination	0	2.6491	-1.24395	4.41
5	4.9	COMB2	Combination	0	3.3113	-2.70424	4.9
5	0	COMB3	Combination	0	-3.3113	-2.70424	0
5	0.49	COMB3	Combination	0	-2.6491	-1.24395	0.49
5	0.98	COMB3	Combination	0	-1.9868	-0.10817	0.98
5	1.47	COMB3	Combination	0	-1.3245	0.7031	1.47
5	1.96	COMB3	Combination	0	-0.6623	1.18987	1.96
5	2.45	COMB3	Combination	0	-5.412E-15	1.35212	2.45
5	2.94	COMB3	Combination	0	0.6623	1.18987	2.94
5	3.43	COMB3	Combination	0	1.3245	0.7031	3.43
5	3.92	COMB3	Combination	0	1.9868	-0.10817	3.92
5	4.41	COMB3	Combination	0	2.6491	-1.24395	4.41
5	4.9	COMB3	Combination	0	3.3113	-2.70424	4.9
5	0	COMB4	Combination	0	-3.3113	-2.70424	0
5	0.49	COMB4	Combination	0	-2.6491	-1.24395	0.49
5	0.98	COMB4	Combination	0	-1.9868	-0.10817	0.98
5	1.47	COMB4	Combination	0	-1.3245	0.7031	1.47
5	1.96	COMB4	Combination	0	-0.6623	1.18987	1.96
5	2.45	COMB4	Combination	0	-5.412E-15	1.35212	2.45
5	2.94	COMB4	Combination	0	0.6623	1.18987	2.94
5	3.43	COMB4	Combination	0	1.3245	0.7031	3.43
5	3.92	COMB4	Combination	0	1.9868	-0.10817	3.92
5	4.41	COMB4	Combination	0	2.6491	-1.24395	4.41
5	4.9	COMB4	Combination	0	3.3113	-2.70424	4.9
5	0	COMB5	Combination	0	-3.3113	-2.70424	0
5	0.49	COMB5	Combination	0	-2.6491	-1.24395	0.49
5	0.98	COMB5	Combination	0	-1.9868	-0.10817	0.98
5	1.47	COMB5	Combination	0	-1.3245	0.7031	1.47
5	1.96	COMB5	Combination	0	-0.6623	1.18987	1.96

5	2.45	COMB5	Combination	0	-5.412E-15	1.35212	2.45
5	2.94	COMB5	Combination	0	0.6623	1.18987	2.94
5	3.43	COMB5	Combination	0	1.3245	0.7031	3.43
5	3.92	COMB5	Combination	0	1.9868	-0.10817	3.92
5	4.41	COMB5	Combination	0	2.6491	-1.24395	4.41
5	4.9	COMB5	Combination	0	3.3113	-2.70424	4.9
6	0	DEAD	LinStatic	-10.7588	-0.5019	-0.50619	0
6	2.78887	DEAD	LinStatic	-7.9538	-0.0286	0.23345	2.78887
6	5.57774	DEAD	LinStatic	-5.1488	0.4447	-0.34682	5.57774
6	0	LIVE	LinStatic	5.6146	8.8594	28.22732	0
6	2.78887	LIVE	LinStatic	5.6146	8.8594	3.51956	2.78887
6	5.57774	LIVE	LinStatic	5.6146	8.8594	-21.1882	5.57774
6	0	LIVE1	LinStatic	1.7085	3.3187	11.4017	0
6	2.78887	LIVE1	LinStatic	1.7085	3.3187	2.14621	2.78887
6	5.57774	LIVE1	LinStatic	1.7085	3.3187	-7.10928	5.57774
6	0	LIVE2	LinStatic	-2.8038	-1.9937	-3.46207	0
6	2.78887	LIVE2	LinStatic	-2.8038	-1.9937	2.09806	2.78887
6	5.57774	LIVE2	LinStatic	-2.8038	-1.9937	7.65819	5.57774
6	0	LIVE3	LinStatic	-9.3617	-5.4779	-10.24628	0
6	2.78887	LIVE3	LinStatic	-9.3617	-5.4779	5.03074	2.78887
6	5.57774	LIVE3	LinStatic	-9.3617	-5.4779	20.30776	5.57774
6	0	LIVE4	LinStatic	-10.2024	-5.6489	-10.39798	0
6	2.78887	LIVE4	LinStatic	-10.2024	-5.6489	5.35614	2.78887
6	5.57774	LIVE4	LinStatic	-10.2024	-5.6489	21.11025	5.57774
6	0	VIENTO	LinStatic	-1.2268	-3.78	-14.45553	0
6	2.78887	VIENTO	LinStatic	-1.2268	-3.78	-3.91359	2.78887
6	5.57774	VIENTO	LinStatic	-1.2268	-3.78	6.62835	5.57774
6	0	DW	LinStatic	-7.8135	-0.3679	-0.92413	0
6	2.78887	DW	LinStatic	-7.8135	-0.3679	0.10178	2.78887
6	5.57774	DW	LinStatic	-7.8135	-0.3679	1.12769	5.57774
6	0	COMB1	Combination	-26.774	14.6231	47.9072	0
6	2.78887	COMB1	Combination	-23.2678	15.2147	6.30031	2.78887
6	5.57774	COMB1	Combination	-19.7615	15.8063	-36.95648	5.57774
6	0	COMB2	Combination	-33.6097	4.9269	18.46237	0
6	2.78887	COMB2	Combination	-30.1035	5.5185	3.89694	2.78887
6	5.57774	COMB2	Combination	-26.5972	6.1101	-12.31838	5.57774
6	0	COMB3	Combination	-41.5062	-4.3698	-7.54923	0
6	2.78887	COMB3	Combination	-37.9999	-3.7782	3.81268	2.78887
6	5.57774	COMB3	Combination	-34.4937	-3.1866	13.5247	5.57774
6	0	COMB4	Combination	-52.9826	-10.4671	-19.42161	0
6	2.78887	COMB4	Combination	-49.4764	-9.8755	8.94487	2.78887
6	5.57774	COMB4	Combination	-45.9701	-9.2839	35.66146	5.57774

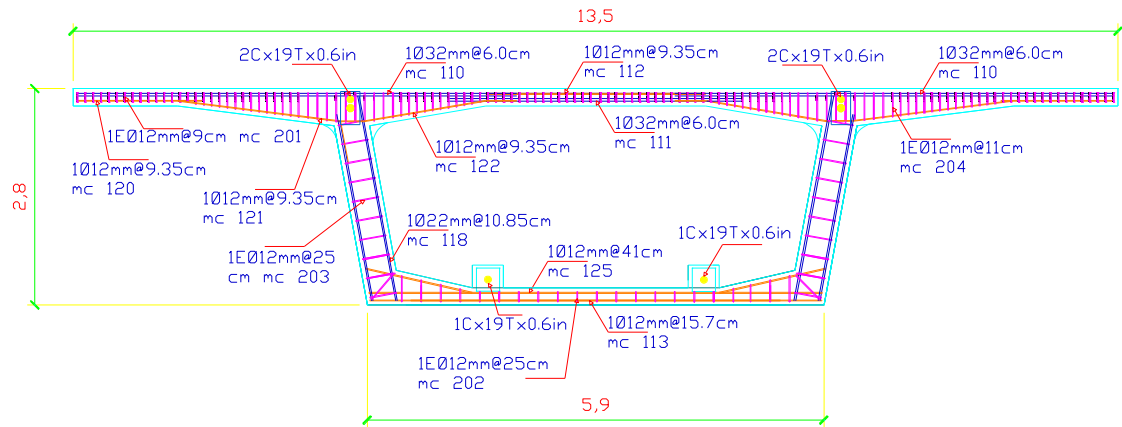
6	0	COMB5	Combination	-54.4537	-10.7665	-19.68707	0
6	2.78887	COMB5	Combination	-50.9475	-10.1749	9.51432	2.78887
6	5.57774	COMB5	Combination	-47.4412	-9.5833	37.0658	5.57774

Resumen de valores máximos para diseño						
Elemento	Carga axial compresión(T)	carga axial tensión(T)	cortante positivo(T)	cortante negativo(T)	momento positivo(T-m)	momento negativo(T-m)
Viga superior	-11.3567	29.848	53.86	-49.9245	21.1882	-108.21843
Viga Inferior	-9.5192	9.5192	4.3412	-4.3412	2.11272	-4.22544
Diagonales	-57.9437	5.6146	20.9855	-25.4792	47.9072	-36.95648

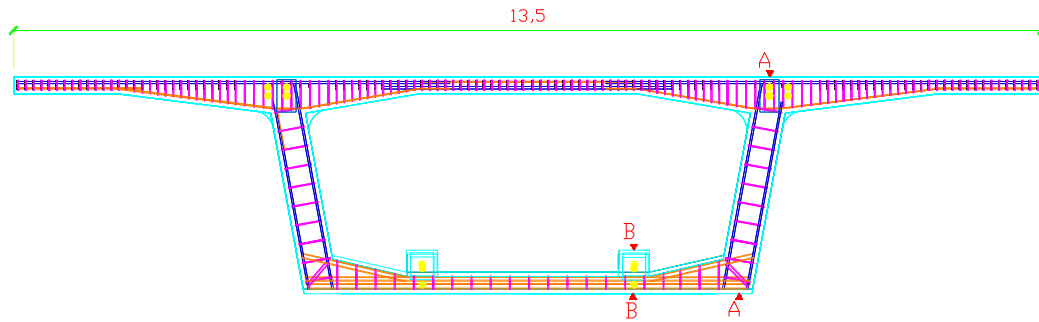
Planos De la sección Transversal de las dovelas.



Variación de la sección transversal.

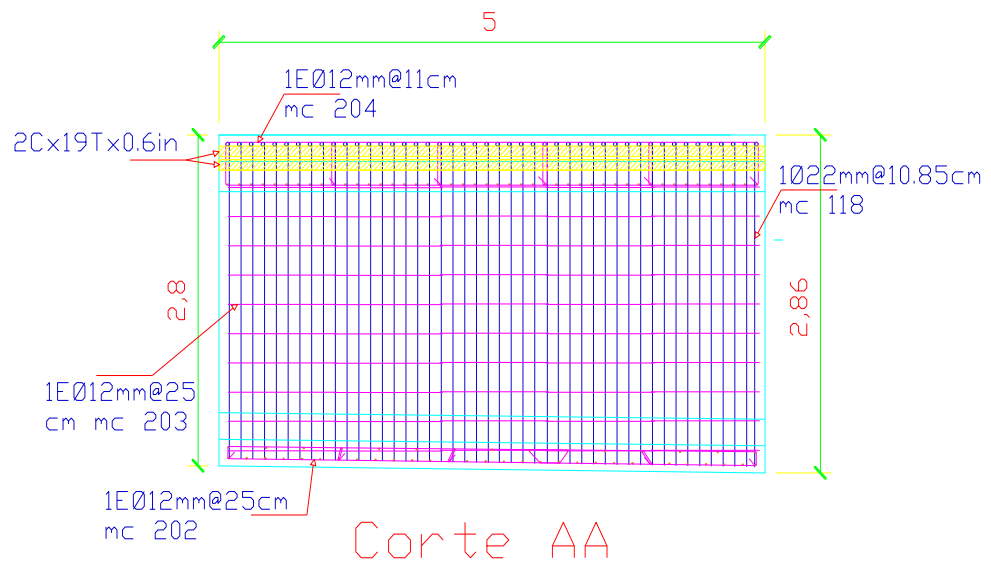


Armado de la sección transversal.

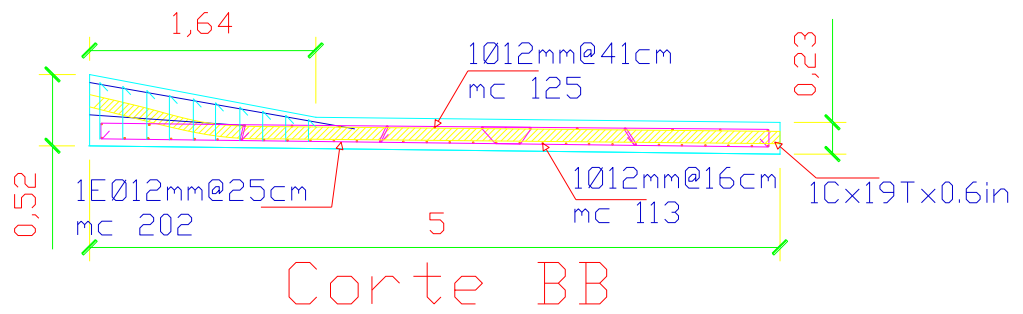


Corte seccion transversal  
2.8 y 2.86 metros de peralte

Variación longitudinal de la primera dovela.



Armado longitudinal de la sección transversal del corte A-A.



Corte B-B de la sección de los ductos de los cables de continuidad.

**Apéndice B.**

Tabla de Resultados de los Pilares en etapa de servicio.

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	ElemStation
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	m
2	DEAD	LinStatic	-1938.6007	226.8676	0	0	0	5119.56343	0
2	DEAD	LinStatic	-2101.8967	226.8676	0	0	0	2737.45363	10.5
2	DEAD	LinStatic	-2265.1927	226.8676	0	0	0	355.34383	21
2	CVR	LinStatic	0	0	0	0	0	0	0
2	CVR	LinStatic	0	0	0	0	0	0	10.5
2	CVR	LinStatic	0	0	0	0	0	0	21
2	sx	LinStatic	-33.4157	-1181.8079	0	0	0	-9492.86952	0
2	sx	LinStatic	-33.4157	-1181.8079	0	0	0	2916.11332	10.5
2	sx	LinStatic	-33.4157	-1181.8079	0	0	0	15325.09616	21
2	sy	LinStatic	0	0	865.4594	2219.43186	43.28616	0	0
2	sy	LinStatic	0	0	865.4594	2219.43186	-9044.0377	0	10.5
2	sy	LinStatic	0	0	865.4594	2219.43186	-18131.3615	0	21
2	COMB1	Combination	-3240.0033	125.6265	0	0	0	2819.27467	0
2	COMB1	Combination	-3444.1233	125.6265	0	0	0	1500.19658	10.5
2	COMB1	Combination	-3648.2433	125.6265	0	0	0	181.11848	21
2	COMB2	Combination	-3252.194	122.9461	0	0	0	2726.23272	0
2	COMB2	Combination	-3456.314	122.9461	0	0	0	1435.29856	10.5
2	COMB2	Combination	-3660.434	122.9461	0	0	0	144.3644	21
2	COMB3	Combination	-3263.5564	120.7614	0	0	0	2650.37331	0
2	COMB3	Combination	-3467.6764	120.7614	0	0	0	1382.37878	10.5
2	COMB3	Combination	-3671.7964	120.7614	0	0	0	114.38426	21
2	COMB4	Combination	-3273.8434	119.2203	0	0	0	2596.82613	0
2	COMB4	Combination	-3477.9634	119.2203	0	0	0	1345.01324	10.5
2	COMB4	Combination	-3682.0834	119.2203	0	0	0	93.20034	21
2	COMB5	Combination	-3290.8054	118.2996	0	0	0	2564.66482	0
2	COMB5	Combination	-3494.9254	118.2996	0	0	0	1322.51922	10.5
2	COMB5	Combination	-3699.0454	118.2996	0	0	0	80.37363	21
2	COMB6	Combination	-3331.4392	155.4036	0	0	0	3425.89287	0
2	COMB6	Combination	-3535.5592	155.4036	0	0	0	1794.15558	10.5
2	COMB6	Combination	-3739.6792	155.4036	0	0	0	162.41828	21
2	COMB7	Combination	-3338.62	160.3263	0	0	0	3596.15423	0
2	COMB7	Combination	-3542.74	160.3263	0	0	0	1912.72808	10.5
2	COMB7	Combination	-3746.86	160.3263	0	0	0	229.30194	21
2	COMB8	Combination	-3341.2399	167.2735	0	0	0	3827.41201	0
2	COMB8	Combination	-3545.3599	167.2735	0	0	0	2071.0399	10.5
2	COMB8	Combination	-3749.4799	167.2735	0	0	0	314.66778	21

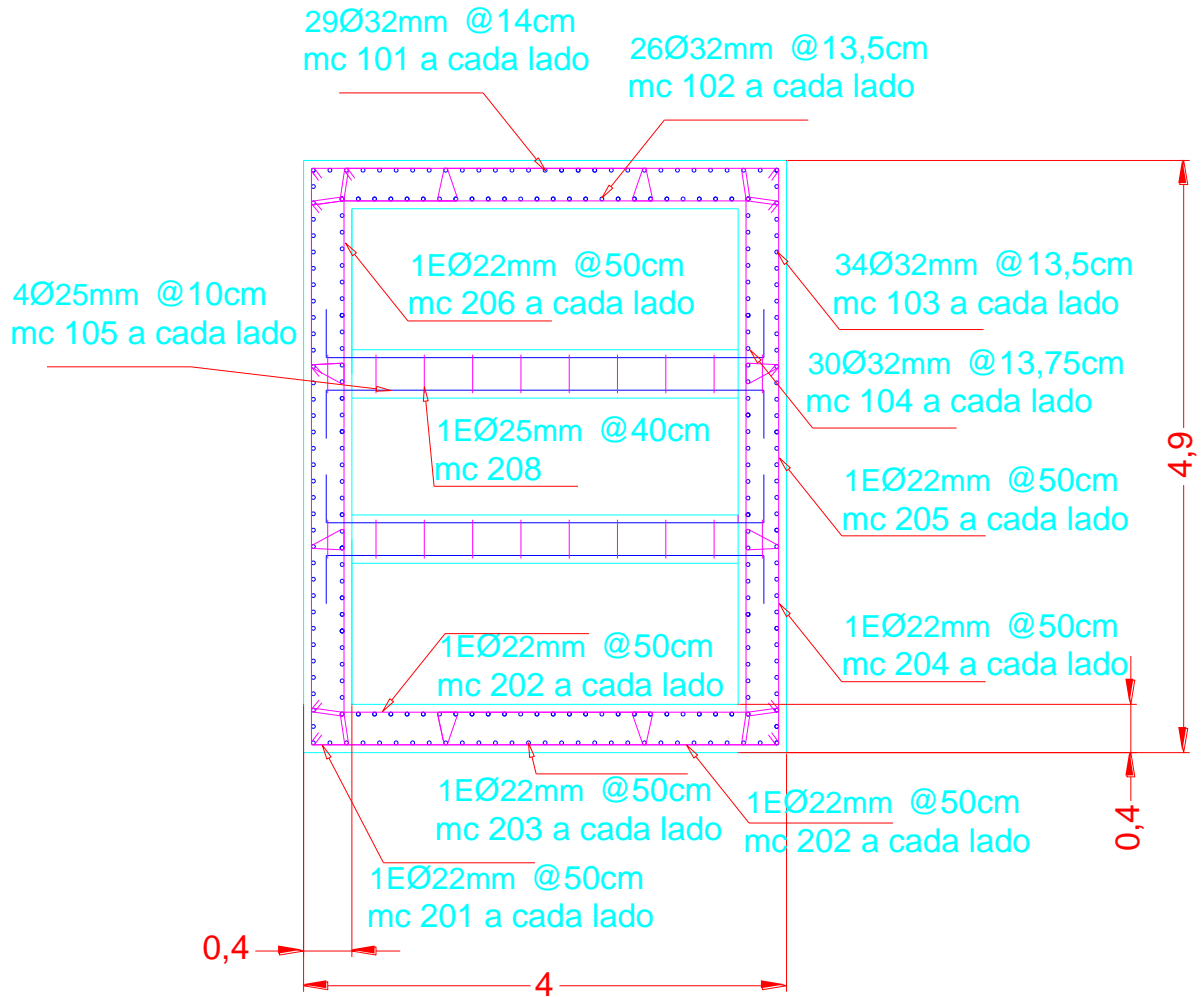
2	COMB9	Combination	-3340.1676	174.0274	0	0	0	4024.31584	0
2	COMB9	Combination	-3544.2876	174.0274	0	0	0	2197.02834	10.5
2	COMB9	Combination	-3748.4076	174.0274	0	0	0	369.74084	21
2	COMB10	Combination	-3335.4496	180.0082	0	0	0	4166.85932	0
2	COMB10	Combination	-3539.5696	180.0082	0	0	0	2276.77327	10.5
2	COMB10	Combination	-3743.6896	180.0082	0	0	0	386.68723	21
2	COMB11	Combination	-3326.962	184.7708	0	0	0	4245.76422	0
2	COMB11	Combination	-3531.082	184.7708	0	0	0	2305.67031	10.5
2	COMB11	Combination	-3735.202	184.7708	0	0	0	365.57641	21
2	COMB12	Combination	-3314.9244	187.4603	0	0	0	4248.31212	0
2	COMB12	Combination	-3519.0444	187.4603	0	0	0	2279.97929	10.5
2	COMB12	Combination	-3723.1644	187.4603	0	0	0	311.64645	21
2	COMB13	Combination	-3300.8302	186.8921	0	0	0	4170.14598	0
2	COMB13	Combination	-3504.9502	186.8921	0	0	0	2207.77886	10.5
2	COMB13	Combination	-3709.0702	186.8921	0	0	0	245.41174	21
2	COMB14	Combination	-3287.485	183.4164	0	0	0	4048.75679	0
2	COMB14	Combination	-3491.605	183.4164	0	0	0	2122.88419	10.5
2	COMB14	Combination	-3695.725	183.4164	0	0	0	197.01158	21
2	COMB15	Combination	-3276.4012	178.0187	0	0	0	3918.48645	0
2	COMB15	Combination	-3480.5212	178.0187	0	0	0	2049.28992	10.5
2	COMB15	Combination	-3684.6412	178.0187	0	0	0	180.09339	21
2	COMB16	Combination	-3268.0437	171.2544	0	0	0	3794.37317	0
2	COMB16	Combination	-3472.1637	171.2544	0	0	0	1996.20223	10.5
2	COMB16	Combination	-3676.2837	171.2544	0	0	0	198.03129	21
2	COMB17	Combination	-3262.5031	163.5034	0	0	0	3683.70913	0
2	COMB17	Combination	-3466.6231	163.5034	0	0	0	1966.923	10.5
2	COMB17	Combination	-3670.7431	163.5034	0	0	0	250.13686	21
2	COMB18	Combination	-3259.357	156.6087	0	0	0	3600.12072	0
2	COMB18	Combination	-3463.477	156.6087	0	0	0	1955.72916	10.5
2	COMB18	Combination	-3667.597	156.6087	0	0	0	311.3376	21
2	COMB19	Combination	-2979.0578	-1058.543	865.4594	2219.43186	43.28616	-6722.27681	0
2	COMB19	Combination	-3183.1778	-1058.543	865.4594	2219.43186	-9044.0377	4392.42489	10.5
2	COMB19	Combination	-3387.2978	-1058.543	865.4594	2219.43186	-18131.3615	15507.12658	21
2	COMB20	Combination	-2861.8922	79.0779	0	0	0	1788.61663	0
2	COMB20	Combination	-3066.0122	79.0779	0	0	0	958.29884	10.5
2	COMB20	Combination	-3270.1322	79.0779	0	0	0	127.98106	21
3	DEAD	LinStatic	-1925.8818	-196.353	0	0	0	-5566.88829	0
3	DEAD	LinStatic	-2268.0258	-196.353	0	0	0	-1247.12145	22
3	DEAD	LinStatic	-2610.1698	-196.353	0	0	0	3072.64539	44
3	CVR	LinStatic	0	0	0	0	0	0	0
3	CVR	LinStatic	0	0	0	0	0	0	22
3	CVR	LinStatic	0	0	0	0	0	0	44



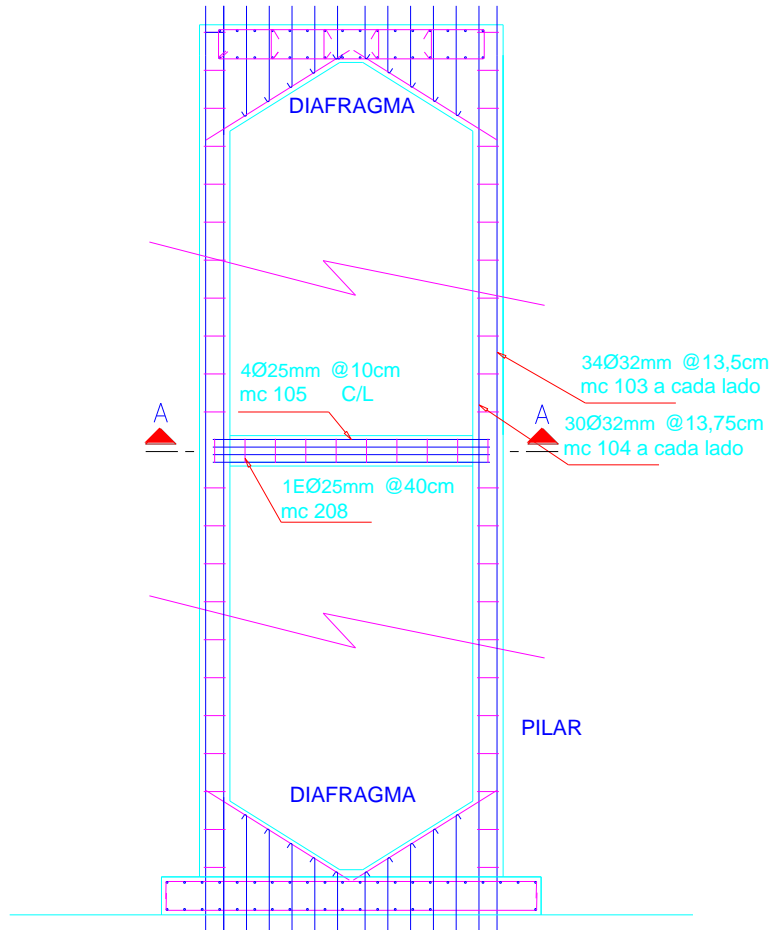
3	sx	LinStatic	-47.4624	-220.2468	0	0	0	-4508.83149	0
3	sx	LinStatic	-47.4624	-220.2468	0	0	0	336.59755	22
3	sx	LinStatic	-47.4624	-220.2468	0	0	0	5182.02659	44
3	sy	LinStatic	0	0	188.9547	-1052.80567	-43.28616	0	0
3	sy	LinStatic	0	0	188.9547	-1052.80567	-4200.29007	0	22
3	sy	LinStatic	0	0	188.9547	-1052.80567	-8357.29397	0	44
3	COMB1	Combination	-3211.5936	-109.0446	0	0	0	-3095.68924	0
3	COMB1	Combination	-3639.2736	-109.0446	0	0	0	-696.70775	22
3	COMB1	Combination	-4066.9536	-109.0446	0	0	0	1702.27374	44
3	COMB2	Combination	-3210.2313	-107.3808	0	0	0	-3057.08525	0
3	COMB2	Combination	-3637.9113	-107.3808	0	0	0	-694.70831	22
3	COMB2	Combination	-4065.5913	-107.3808	0	0	0	1667.66863	44
3	COMB3	Combination	-3209.1227	-106.0251	0	0	0	-3025.63862	0
3	COMB3	Combination	-3636.8027	-106.0251	0	0	0	-693.08742	22
3	COMB3	Combination	-4064.4827	-106.0251	0	0	0	1639.46379	44
3	COMB4	Combination	-3208.3434	-105.0695	0	0	0	-3003.48611	0
3	COMB4	Combination	-3636.0234	-105.0695	0	0	0	-691.95808	22
3	COMB4	Combination	-4063.7034	-105.0695	0	0	0	1619.56994	44
3	COMB5	Combination	-3207.891	-104.502	0	0	0	-2990.3943	0
3	COMB5	Combination	-3635.571	-104.502	0	0	0	-691.35025	22
3	COMB5	Combination	-4063.251	-104.502	0	0	0	1607.69379	44
3	COMB6	Combination	-3237.4955	-136.1332	0	0	0	-3880.88548	0
3	COMB6	Combination	-3665.1755	-136.1332	0	0	0	-885.95555	22
3	COMB6	Combination	-4092.8555	-136.1332	0	0	0	2108.97438	44
3	COMB7	Combination	-3240.0471	-139.2014	0	0	0	-3952.30124	0
3	COMB7	Combination	-3667.7271	-139.2014	0	0	0	-889.86963	22
3	COMB7	Combination	-4095.4071	-139.2014	0	0	0	2172.56199	44
3	COMB8	Combination	-3244.5164	-143.7134	0	0	0	-4060.61707	0
3	COMB8	Combination	-3672.1964	-143.7134	0	0	0	-898.92325	22
3	COMB8	Combination	-4099.8764	-143.7134	0	0	0	2262.77056	44
3	COMB9	Combination	-3251.7002	-148.6622	0	0	0	-4189.21349	0
3	COMB9	Combination	-3679.3802	-148.6622	0	0	0	-918.64502	22
3	COMB9	Combination	-4107.0602	-148.6622	0	0	0	2351.92345	44
3	COMB10	Combination	-3261.6109	-153.6859	0	0	0	-4329.64678	0
3	COMB10	Combination	-3689.2909	-153.6859	0	0	0	-948.55781	22
3	COMB10	Combination	-4116.9709	-153.6859	0	0	0	2432.53117	44
3	COMB11	Combination	-3273.9935	-158.3836	0	0	0	-4470.35461	0
3	COMB11	Combination	-3701.6735	-158.3836	0	0	0	-985.91478	22
3	COMB11	Combination	-4129.3535	-158.3836	0	0	0	2498.52505	44
3	COMB12	Combination	-3287.9353	-161.8829	0	0	0	-4584.86652	0
3	COMB12	Combination	-3715.6153	-161.8829	0	0	0	-1023.44262	22
3	COMB12	Combination	-4143.2953	-161.8829	0	0	0	2537.98128	44

3	COMB13	Combination	-3301.0735	-162.7079	0	0	0	-4625.45388	0
3	COMB13	Combination	-3728.7535	-162.7079	0	0	0	-1045.88045	22
3	COMB13	Combination	-4156.4335	-162.7079	0	0	0	2533.69297	44
3	COMB14	Combination	-3311.1062	-160.5653	0	0	0	-4576.01389	0
3	COMB14	Combination	-3738.7862	-160.5653	0	0	0	-1043.57754	22
3	COMB14	Combination	-4166.4662	-160.5653	0	0	0	2488.85881	44
3	COMB15	Combination	-3317.4542	-156.0641	0	0	0	-4450.62715	0
3	COMB15	Combination	-3745.1342	-156.0641	0	0	0	-1017.21632	22
3	COMB15	Combination	-4172.8142	-156.0641	0	0	0	2416.19451	44
3	COMB16	Combination	-3320.1488	-149.6347	0	0	0	-4260.83322	0
3	COMB16	Combination	-3747.8288	-149.6347	0	0	0	-968.87053	22
3	COMB16	Combination	-4175.5088	-149.6347	0	0	0	2323.09216	44
3	COMB17	Combination	-3319.3394	-141.6317	0	0	0	-4017.02845	0
3	COMB17	Combination	-3747.0194	-141.6317	0	0	0	-901.13137	22
3	COMB17	Combination	-4174.6994	-141.6317	0	0	0	2214.76572	44
3	COMB18	Combination	-3314.3629	-134.2135	0	0	0	-3787.76282	0
3	COMB18	Combination	-3742.0429	-134.2135	0	0	0	-835.06573	22
3	COMB18	Combination	-4169.7229	-134.2135	0	0	0	2117.63136	44
3	COMB19	Combination	-2982.8864	-327.1545	188.9547	-1052.80567	-43.28616	-7542.72357	0
3	COMB19	Combination	-3410.5664	-327.1545	188.9547	-1052.80567	-4200.29007	-345.32441	22
3	COMB19	Combination	-3838.2464	-327.1545	188.9547	-1052.80567	-8357.29397	6852.07474	44
3	COMB20	Combination	-2843.2118	-68.3586	0	0	0	-1936.97813	0
3	COMB20	Combination	-3270.8918	-68.3586	0	0	0	-433.08966	22
3	COMB20	Combination	-3698.5718	-68.3586	0	0	0	1070.7988	44

Resumen de valores máximos para diseño						
	Carga Axial	cortante en X	cortante en Y	torsión	Momento en X	Momento en Y
Pilar izquierdo	0	226.8676	865.4594	2219.43186	43.28616	15507.12658
21 metros	-3749.4799	-1181.8079	0	0	-18131.3615	-9492.86952
Pilar derecho	0	0	188.9547	0	0	6852.07474
44 metros	-4175.5088	-327.1545	0	-1052.80567	-8357.29397	-7542.72357



Armado de los pilares.

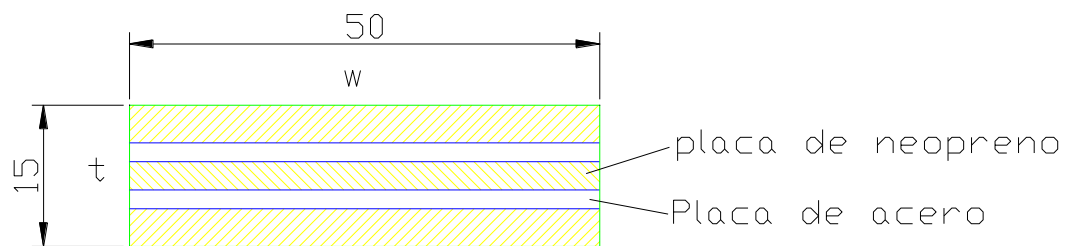
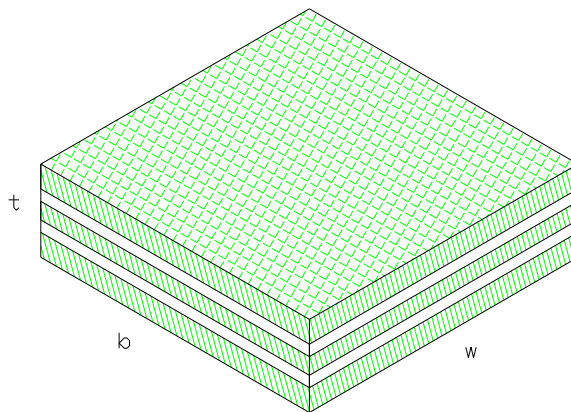


Elevación Pilares.

## Apéndice C.

Diseño de los apoyos de neopreno.

Tipo	$G_0$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Shore 50	8
Shore 60	11
Shore 70	15



Apoyo elastomérico

Diseño por resistencia a la compresión.

$$Q = Pg + Pq$$

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

$$\sigma = \frac{V}{w * b}$$

$$w = \frac{V}{\sigma * b}$$

$$Q = 352500 + 92440$$

$$V = \frac{444940}{1}$$

$$1200 = \frac{444940}{w * b}$$

$$b = \frac{444.94}{120 * 0.5}$$

$$b = \frac{444940}{120 * 50}$$

$$b = 74.1567 \text{ cm}$$

Q=carga total

Pg=carga por peso propio de la estructura mayorada. (Kg)

Pq= sobrecarga viva mayorada. (Vehículos y camiones). (Kg)

V= cortante sobre los apoyos

$\sigma$ = Tensión admisible del neopreno (entre 70 y 120 kg/cm<sup>2</sup>)

$n_v$  = número de vigas. (solo se tiene una sola viga, que es la viga cajón).

W=ancho del apoyo elastomérico. (se consideró 50 cm)

b= Largo del apoyo elastomérico

t= altura del apoyo elastomérico.

Revisión por máximo corrimiento ( $\Delta L$ )

$$\Delta L \geq 0.5t$$

$\Delta L_1$  producido por variación de temperatura

$$\Delta L_1 = \frac{L(m)}{2} * \alpha \left( \frac{cm}{m} \right) * \Delta t(^{\circ}C)$$

$$\Delta L_1 = \frac{200}{2} * (1.17 \times 10^{-5}) * 30$$

$$\Delta L_1 = 0.0351m$$

$$\Delta L_1 = 3.51cm$$

$$\Delta L_2 = \frac{F * t}{G_0 * b * w}$$

$$\Delta L_2 = \frac{54909.4 * 15}{15 * b * 50}$$

Se considerará un  $t=15$  cm.

$$\Delta L_{max} = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

$$7.5 = 3.51 + \Delta L_2$$

$$\Delta L_2 = 7.5 - 3.51 = 3.99$$

Con Shore 70

$$b = \frac{54909.4 * 15}{15 * 3.99 * 50} = 275.24 \text{ cm}$$

Se necesitarían 6 placas de 50 cm de ancho por 50 cm de largo y 15 cm de altura.

Con shore 60

$$b = \frac{54909.4 * 15}{11 * 3.99 * 50} = 375.32 \text{ cm}$$

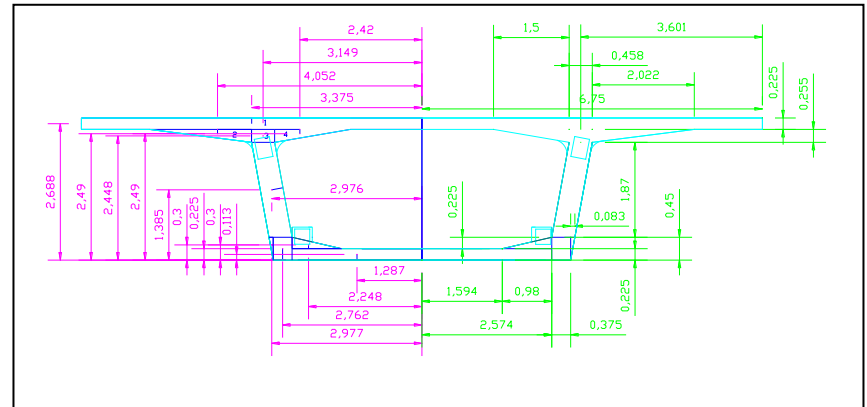
Se necesitarían 8 placas de 50 cm de ancho por 50 cm de largo y 15 cm de altura.

Por lo tanto se utilizarán 6 placas de neopreno grado shore 70 de 50cmx50cmx15cm.

Apéndice D.

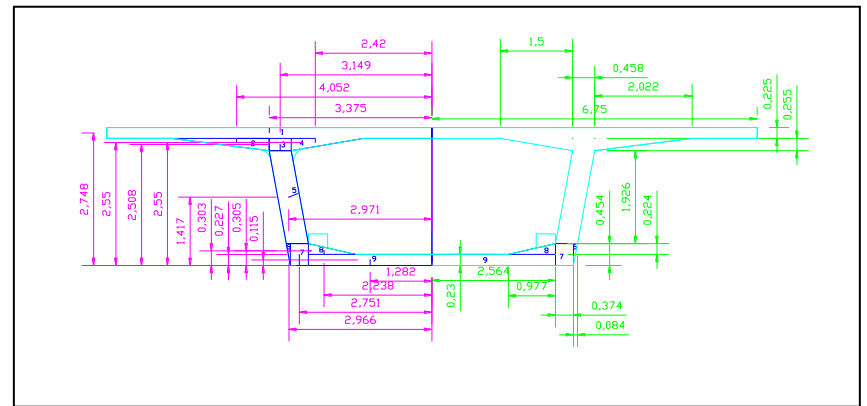
1

figura	geometria	b	h	area (A)	area total	7.6364	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	7.6824	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	6.815	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	2.8	m
5	paralelogramo	0.458	1.87	0.8565	E.B	0.89	m
6	triangulo rect	0.083	0.45	0.0187	hs	0.89	m
7	rectangulo	0.375	0.45	0.1688	hi	1.91	m
8	triangulo rect	0.98	0.225	0.1103	lxx	8.58	m4
9	rectangulo	2.574	0.225	0.5792	lyy	81.12	m4



2

figura	geometria	b	h	area (A)	area total	7.7096	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	7.7556	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	7.007	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	2.86	m
5	paralelogramo	0.458	1.926	0.8821	E.B	0.9	m
6	triangulo rect	0.084	0.454	0.0191	hs	0.9	m
7	rectangulo	0.374	0.454	0.1698	hi	1.96	m
8	triangulo rect	0.977	0.224	0.1094	lxx	9.1	m4
9	rectangulo	2.564	0.23	0.5897	lyy	81.54	m4

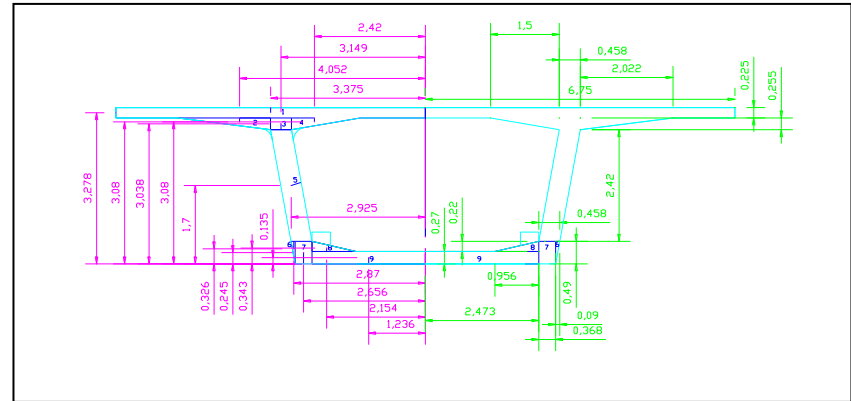






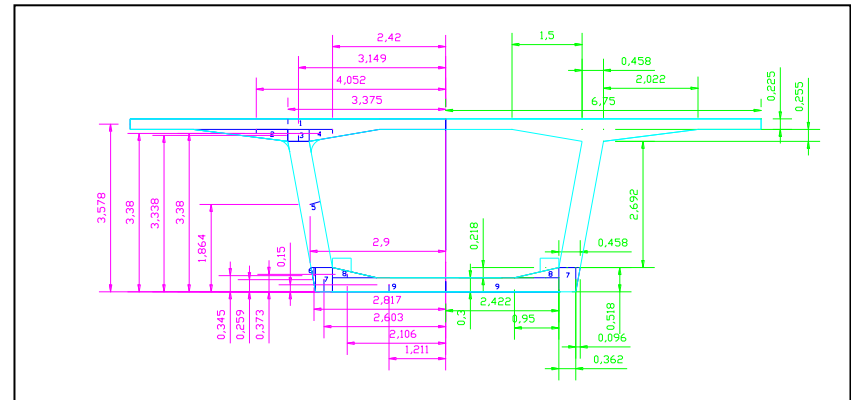
5

figura	geometria	b	h	area (A)	area total	8.3368	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	8.3828	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	8.779	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	3.39	m
5	paralelogramo	0.458	2.42	1.1084	E.B	1.05	m
6	triangulo rect	0.09	0.49	0.0221	hs	1.05	m
7	rectangulo	0.368	0.49	0.1803	hi	2.34	m
8	triangulo rect	0.956	0.22	0.1052	lxx	14.4	m4
9	rectangulo	2.473	0.27	0.6677	lyy	84.94	m4



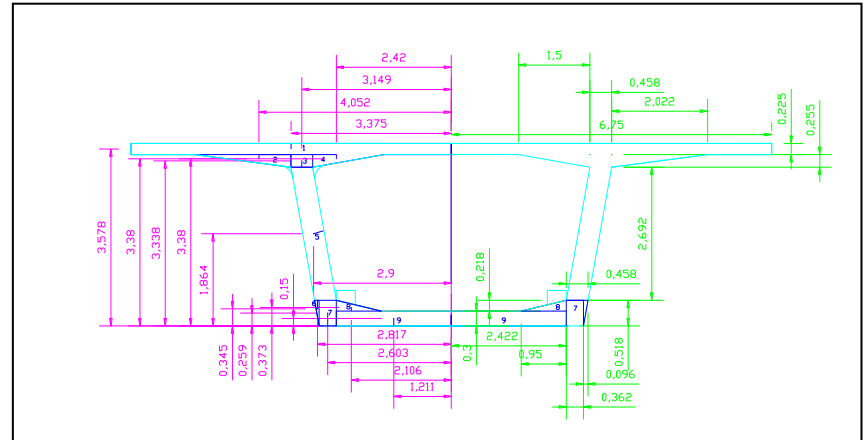
6

figura	geometria	b	h	area (A)	area total	8.7204	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	8.7664	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	9.845	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	3.69	m
5	paralelogramo	0.458	2.692	1.2329	E.B	1.12	m
6	triangulo rect	0.096	0.518	0.0249	hs	1.12	m
7	rectangulo	0.362	0.518	0.1875	hi	2.57	m
8	triangulo rect	0.95	0.218	0.1036	lxx	18.32	m4
9	rectangulo	2.422	0.3	0.7266	lyy	86.82	m4



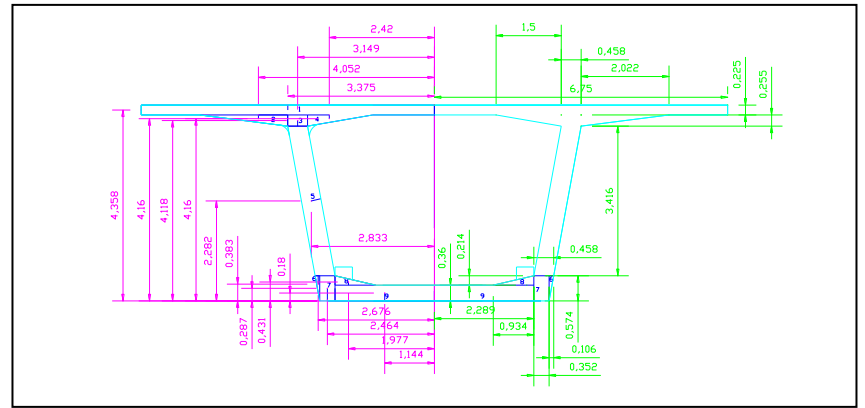
7

figura	geometria	b	h	area (A)	area total	9.146	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	9.192	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	11.176	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	4.05	m
5	paralelogramo	0.458	3.024	1.385	E.B	1.22	m
6	triangulo rect	0.101	0.546	0.0276	hs	1.22	m
7	rectangulo	0.357	0.546	0.1949	hi	2.83	m
8	triangulo rect	0.942	0.216	0.1017	lxx	23.6	m4
9	rectangulo	2.361	0.33	0.7791	lyy	88.88	m4

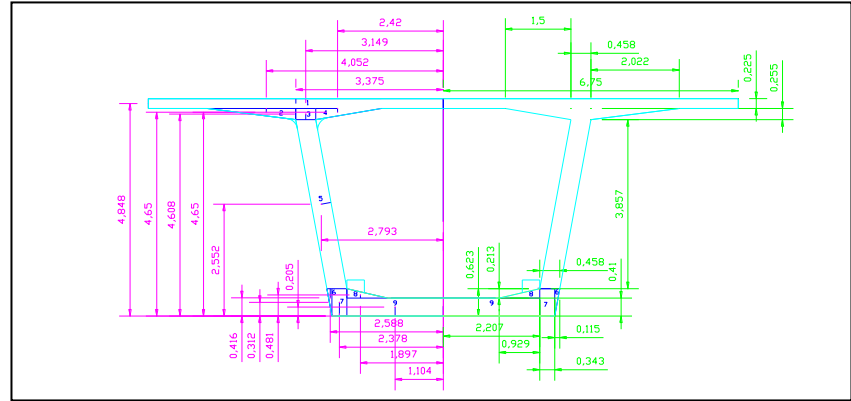


8

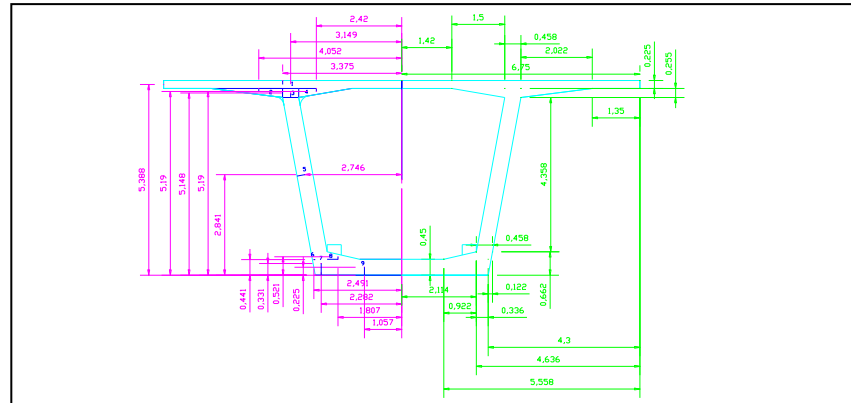
figura	geometria	b	h	area (A)	area total	9.611	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	9.657	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	13.738	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	4.47	m
5	paralelogramo	0.458	3.416	1.5645	E.B	1.42	m
6	triangulo rect	0.106	0.574	0.0304	hs	1.42	m
7	rectangulo	0.352	0.574	0.202	hi	3.05	m
8	triangulo rect	0.934	0.214	0.0999	lxx	28.22	m4
9	rectangulo	2.289	0.36	0.824	lyy	91.06	m4



9							
figura	geometria	b	h	area (A)	area total	10.209	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	10.255	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	14.812	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	4.96	m
5	paralelogramo	0.458	3.857	1.7665	E.B	1.44	m
6	triangulo rect	0.115	0.623	0.0358	hs	1.44	m
7	rectangulo	0.343	0.623	0.2137	hi	3.52	m
8	triangulo rect	0.929	0.213	0.0989	lxx	41.34	m4
9	rectangulo	2.207	0.41	0.9049	lyy	93.5	m4



10							
figura	geometria	b	h	area (A)	area total	10.785	m2
1	rectangulo	6.75	0.225	1.5188	area total + arcos	10.831	m2
2	triangulo rect	2.022	0.255	0.2578	AY total	17.142	m3
3	rectangulo	0.458	0.255	0.1168	AX total	0	m3
4	triangulo rect	1.5	0.255	0.1913	peralte	5.5	m
5	paralelogramo	0.458	4.358	1.996	E.B	1.58	m
6	triangulo rect	0.122	0.662	0.0404	hs	1.58	m
7	rectangulo	0.336	0.662	0.2224	hi	3.92	m
8	triangulo rect	0.922	0.212	0.0977	lxx	54.32	m4
9	rectangulo	2.114	0.45	0.9513	lyy	95.82	m4



Tablas de cálculos de areas e inercias de las secciones transversales de las dovelas del puente.

DATOS DE INICIO DE CADA DOVELA							
dovela	DIST X(m)	area	peralte	hs	hi	lxx	lyy
1	0	10.831	5.5	1.58	3.92	54.32	95.82
2	5	10.255	4.96	1.44	3.52	41.34	93.5
3	10	9.657	4.47	1.42	3.05	28.22	91.06
4	15	9.192	4.05	1.22	2.83	23.6	88.88
5	20	8.7664	3.69	1.12	2.57	18.32	86.82
6	25	8.3828	3.39	1.05	2.34	14.4	84.94
7	30	8.09	3.15	0.98	2.17	11.78	83.42
8	35	7.9028	2.98	0.94	2.04	10.14	82.42
9	40	7.7556	2.86	0.9	1.96	9.1	81.54
10	45	7.6824	2.8	0.89	1.91	8.58	81.12

DATOS PROMEDIO DE CADA DOVELA								
AREA	PERALTE	HS	HI	lxx	lyy	MC1	MC2	excentricidad
10.543	5.23	1.51	3.72	47.83	94.66	316.29	828.79	1.318
9.956	4.715	1.43	3.285	34.78	92.28	896.04	2321.04	1.238
9.4245	4.26	1.32	2.94	25.91	89.97	1413.675	3788.68	1.128
8.9792	3.87	1.17	2.7	20.96	87.85	1885.632	5210.63	0.978
8.5746	3.54	1.085	2.455	16.36	85.88	2315.142	6590.14	0.893
8.2364	3.27	1.015	2.255	13.09	84.18	2718.012	7943.01	0.823
7.9964	3.065	0.96	2.105	10.96	82.92	3118.596	9293.60	0.768
7.8292	2.92	0.92	2	9.62	81.98	3523.14	10648.14	0.728
7.719	2.83	0.895	1.935	8.84	81.33	3936.69	12011.69	0.703
7.6824	2.8	0.89	1.91	8.58	81.12	4378.968	13403.97	0.698

Tabla de datos de los momentos que se tendrán en cada dovela debido al peso propio y al peso del sistema de encofrado móvil durante la etapa de construcción del puente.

		Dovela 1	Dovela 2	Dovela 3	Dovela 4	Dovela 5	Dovela 6	Dovela 7	Dovela 8	Dovela 9	Dovela 10
Pmin	Ton	143.74	576.32	1303.94	2337.04	3691.81	5392.76	7467.57	9945.03	12864.65	16591.99
Pmax	Ton	7032.66	8235.09	9791.01	11710.89	14010.92	16715.58	19852.57	23450.69	26625.63	29759.02

Resultados de P mínimo y P máximo para cada dovela que se deberá incluir en los cables de pretensado para evitar que las deformaciones superen las deformaciones admisibles del hormigón y del acero, para lo cual se calcularon la cantidad de cables de acero necesarios y sus diámetros, así como la resistencia a compresión necesaria del hormigón y su sección.

19 cables	UTS	70% UTS
4 tendones	199861.2	139902.84 ton/m2
0.01524 m de diametro	1960	1372 N/mm2
0.000182415 m2 de area		
0.013863517 m2 de area total		
1939.545349 ton a 70% de UTS		
19 cables	UTS	70% UTS
6 tendones	199861.2	139902.84 ton/m2
0.01524 m de diametro	1960	1372 N/mm2
0.000182415 m2 de area		
0.020795275 m2 de area total		
2909.318023 ton a 70% de UTS		

Tabla de datos utilizados para calcular la cantidad de cables necesarios para el puente después de calcular las pérdidas de pretensión.

## Apéndice E.

Pérdidas de pretensión.

En este trabajo se consideraron pérdidas por:

Acortamiento elástico = elastic shortening =  $L_e$

Relajación del material = relaxation losses =  $L_r$

Retracción de fraguado = creep losses =  $L_c$

Pérdidas por fricción = friction losses =  $L_f$

Encogimiento = shrinkage losses =  $L_s$

Dovelas	A viga	Dist X	Fuerza Act	Ext Cable	% elongacion	Area concreto	Carga máxima	esfuerzo	$L_e$
1	10.785	14	2868.56	0.0920	0.66	10.79	2909	269.73	2697.26
2	10.209	24	2840.02	0.1561	0.65	10.50	2909	277.13	2771.27
3	9.611	34	1875.15	0.2190	0.64	10.05	1940	192.96	1929.58
4	9.146	44	1856.49	0.2806	0.64	9.60	1940	202.08	2020.83
5	8.72	54	1838.02	0.3409	0.63	9.16	1940	211.79	2117.90
6	8.34	64	1819.73	0.4000	0.63	8.75	1940	221.71	2217.14
7	8.044	74	1801.62	0.4579	0.62	8.40	1940	231.03	2310.35
8	7.86	84	1783.70	0.5146	0.61	8.13	1940	238.67	2386.66
9	7.71	94	1765.95	0.5702	0.61	7.92	1940	244.97	2449.73
10	7.64	53	1839.86	0.3349	0.63	7.78	1940	249.37	2493.69

Dovelas	At	Ple	Plc	Is	Pls	Plf	If	Ir	Plr
1	0.02080	56.09	89.74	3657.05	76.05	40.44	1944.78	2713.47	56.43
2	0.02080	57.63	92.21	3657.05	76.05	68.98	3317.33	2604.07	54.15
3	0.01386	26.75	42.80	3657.05	50.70	64.85	4677.84	2660.34	36.88
4	0.01386	28.02	44.83	3657.05	50.70	83.51	6023.68	2549.71	35.35
5	0.01386	29.36	46.98	3657.05	50.70	101.98	7356.12	2438.96	33.81
6	0.01386	30.74	49.18	3657.05	50.70	120.27	8675.31	2328.76	32.28
7	0.01386	32.03	51.25	3657.05	50.70	138.38	9981.37	2220.55	30.78
8	0.01386	33.09	52.94	3657.05	50.70	156.30	11274.44	2116.30	29.34
9	0.01386	33.96	54.34	3657.05	50.70	174.05	12554.64	2015.34	27.94
10	0.01386	34.57	55.31	3657.05	50.70	100.14	7223.48	2380.60	33.00

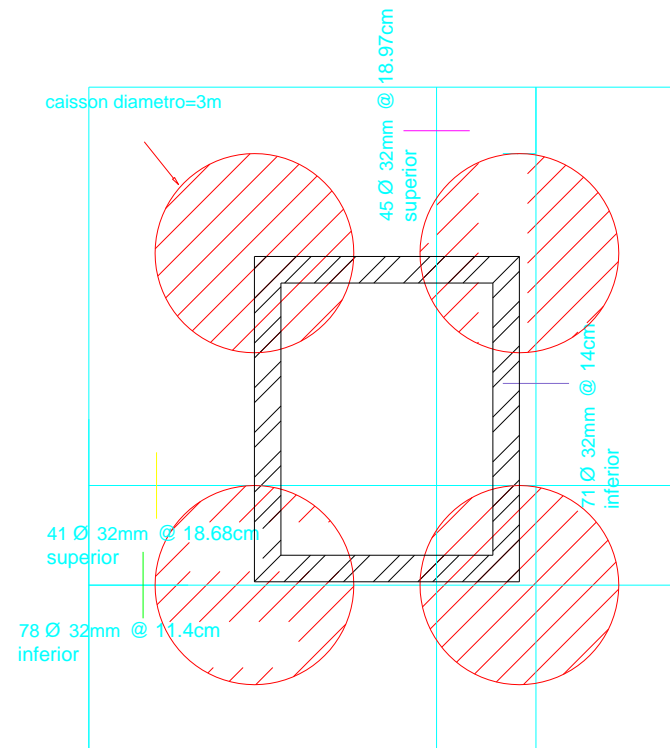
Resumen De cables de pretensado.							
Dovelas	P inicial	P final	# de cables	P obtenido	P min	Comprobacion	% perdida
1	2909	2590.25	6	18419.60	16591.99	esta bien	10.96
2	2909	2559.98	6	15829.36	12864.65	esta bien	12.00
3	1940	1718.02	4	13269.38	9945.03	esta bien	11.44
4	1940	1697.60	4	11551.37	7467.57	esta bien	12.49
5	1940	1677.17	4	9853.76	5392.76	esta bien	13.55
6	1940	1656.83	4	8176.60	3691.81	esta bien	14.60
7	1940	1636.86	4	6519.77	2337.04	esta bien	15.63
8	1940	1617.63	4	4882.91	1303.94	esta bien	16.62
9	1940	1599.01	4	3265.28	576.32	esta bien	17.58
10	1940	1666.27	4	1666.27	143.74	esta bien	14.11

Tabla de resultados de la fuerza P obtenida después de considerar las pérdidas de fuerza de pretensión por diferentes motivos.

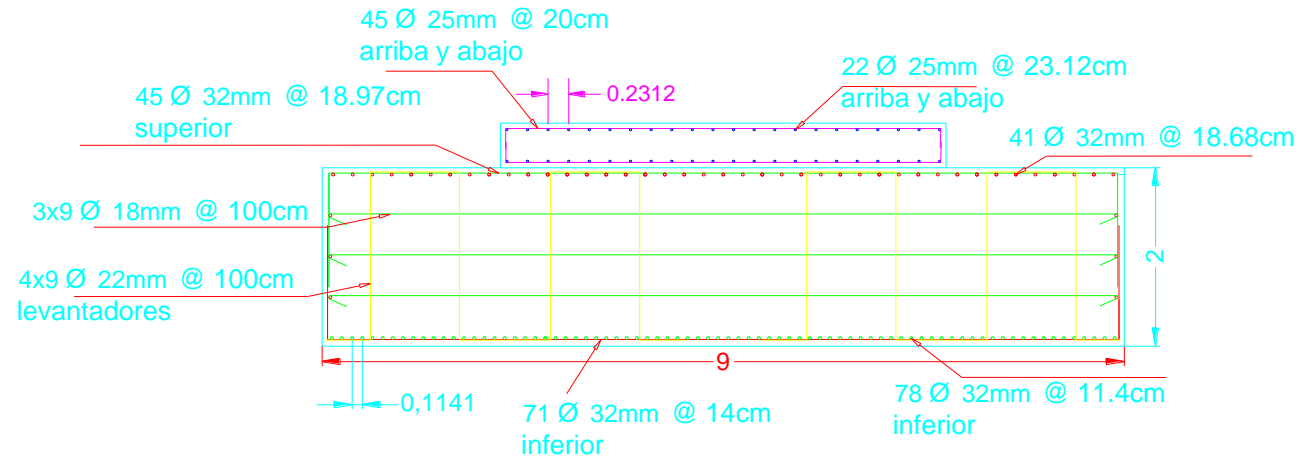


## Apéndice F.

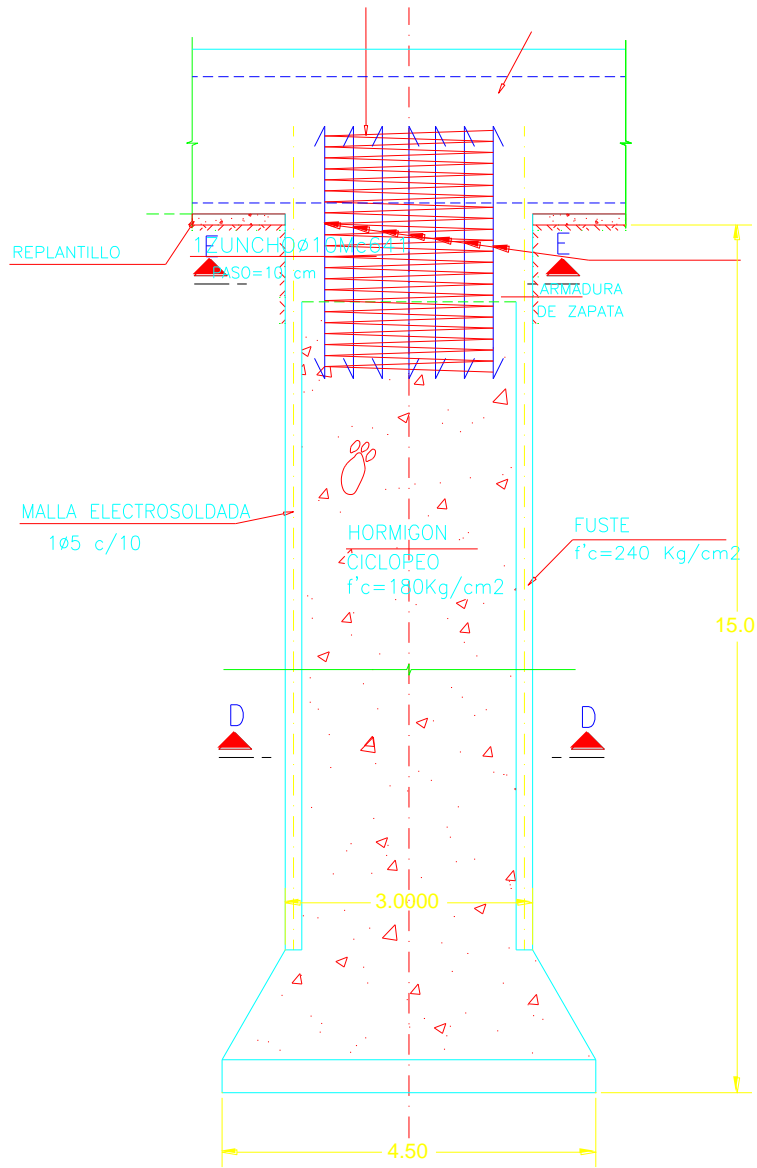
### Zapatas de Cimentación.



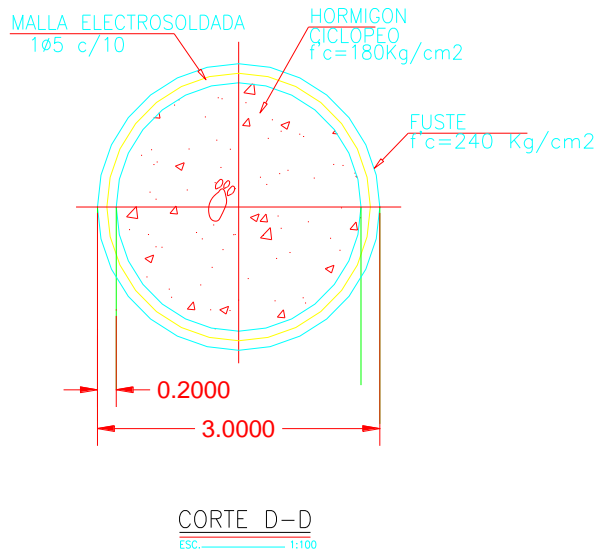
Armado de la zapata de cimentación de cada uno de los pilares.



Armado de la zapata de cimentación.



Elevación Caissons



Corte de la sección del Caisson de cimentación.

Tabla de datos, resultados y cálculos de la zapata de cimentación que se apoyará sobre los caissons.

TIPO DE PLINTO	rectangular		
peralte asumido del plinto (m)		2.000	
sobrecarga existente (ton/m2)		1.000	
H para corte bidireccional (m)		1.650	1.6210
H para corte unidireccional (m)			

Características de la columna		
ancho (cm)	400.000	cm
largo (cm)	490.000	cm
f'c (kg/cm2)	210.000	kg/cm2
fy (kg/cm2)	4200.000	kg/cm2
phi de var (mm)	32.000	mm

CARGAS	
Pcm (ton)	3385.000
Pcv (ton)	200.000
Md (ton.m)	2838.000
MI (ton.m)	300.000

características del suelo		
qa (ton/m2)	50.000	ton/m2
Df (m)	2.000	m
ys (ton/m3)	1.650	ton/m3

características del plinto		
yc (ton/m3)	2.400	ton/m3
phi de var	32.000	mm
rec de horm y	7.500	cm
rec de horm x	7.500	cm

**RESULTADOS**

Altura del plinto	2.000 metros			
carga última	86.321 ton/m <sup>2</sup>			
	LONGITUD	AS (cm <sup>2</sup> )	# VARILLAS	ESPACIAMIENTO
Lado B	9.000	625.667	78.000	11.452 cm
Lado L	10.000	572.70000	71.000	14.026 cm

**Calculos**

Geometría		
A (m <sup>2</sup> )	81.109	90.000

cuadrado		
lados	9.00603	9.100
rectangular		
relación (B:L)	1.000	1.100
lado L (m)	9.000	
lado B (m)	10.000	

Presión efectiva qe		
qe (ton/m <sup>2</sup> )	44.200	ton/m <sup>2</sup>

Comprobación de presiones		
qg (ton/m <sup>2</sup> )	39.8333	
comprobación	bien	

Presión última		
qu (ton/m <sup>2</sup> )	86.3213	ton/m <sup>2</sup>

Corte bidireccional (punzonamiento)		
dl	190.900	cm
db	187.700	cm
d	189.300	cm
Ao	40.031	m <sup>2</sup>
Vu2	4313.378	ton
bo	2537.200	cm
Vu2	8.981	kg/cm <sup>2</sup>
Vc2	15.361	kg/cm <sup>2</sup>

Vu2/ $\Phi$	10.566	kg/cm <sup>2</sup>
no falla a punzonamiento		

Diseño por flexión		
	lado B	lado L
Mu (ton.m)	2697.54167	2525.87000
w1	1.65339	1.65314
w2	0.04153	0.04178
w (B)	0.04153	0.04178
$\rho$ (B) calc	0.00208	0.00209
$\rho$ min1	0.00333	0.00333
$\rho$ min2	0.00277	0.00279
$\rho$ (B) elegido	0.00277	0.00279
As (cm <sup>2</sup> )	625.66667	572.70000
phi varillas(mm)	32.00000	32.00000
Area varillas(cm <sup>2</sup> )	8.04250	8.04248
# varillas	78.000	71.000
@	11.452	14.026

Diseño por adherencia a tracción		
Ld	139.856	cm
Ld min	30.000	cm
Ld min2	80.640	cm
Ld	139.856	cm
Ld existente	247.500	cm
está bien		

Corte unidireccional (tipo viga)		
lado B		
Vu1 (B)	537.782	ton
Vu1 (B)	2.865	kg/cm <sup>2</sup>
Vc1 (B)	7.680	kg/cm <sup>2</sup>
Vu1 (B)/ $\Phi$	3.371	kg/cm <sup>2</sup>
no falla por corte tipo viga		
lado L		
Vu1 (L)	497.988	ton
Vu1 (L)	2.898	kg/cm <sup>2</sup>
Vc1 (L)	7.680	kg/cm <sup>2</sup>
Vu1 (L)/ $\Phi$	3.410	kg/cm <sup>2</sup>
no falla por corte tipo viga		

Longitud de desarrollo a compresion		
Ld'	70.115	
Ld' min1	20.000	cm
Ld' min2	57.792	
Ld' escogido	70.100	cm
H para Ld'	87.200	
comprobación	H aceptable	

Diseño por aplastamiento		
$\phi pPn$	48980.400	ton
A1(col)	19.600	m2
B2	9.000	m
L2	9.900	m
A2(area falla)	89.100	m2
Relac raiz A	2.132	
factor	2.000	
Pu	5079.000	ton
no se necesitan bastones		

## Apéndice G.

Precios unitarios de los rubros más importantes del puente de hormigón pretensado y volados sucesivos.



## UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

NOMBRE DEL PROPONENTE: JUAN CARLOS

ARAÚJO

Formulario No. 4

PROYECTO: PUENTE EN HORMIGÓN PRETENSADO Y VOLADOS

O: SUCESIVOS

Procedimiento y Número:

101

Hoja

1

de

1  
6

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro: 405-5

0.003333  
K= 33

Horas/unidad

Unidad: m<sup>2</sup>

Capa rodad. horm. asfalt. mezc.planta e=0.05

Detalle: m.

### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	300.00	D= C * R
Finisher	1.00	42.26	42.26		0.14
Rodillo Liso para asfalto	1.00	33.28	33.28		0.11
Rodillo ING. RAND neumatico	1.00	33.28	33.28		0.11
Cargadora 180 HP	1.00	39.56	39.56		0.13
Planta de Asfalto ADM A110	1.00	180.00	180.00		0.60
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1.09</b>

### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	300.00	D= C * R
Operador Acabadora Pav.Asfalto	1.00	2.86	2.86		0.01
Operador Rodillo Autopropulsado	2.00	2.86	5.72		0.02
Operador Planta Asfáltica	1.00	2.88	2.88		0.01
Operador Cargadora	1.00	2.88	2.88		0.01
Ayudante de Maquinaria	2.00	2.79	5.58		0.02
Inspector de Obra	1.00	2.88	2.88		0.01
Peón	18.00	2.77	49.86		0.17
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.25</b>

### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Piedra 3/8"	m <sup>3</sup>	0.044	10.00	0.44
Piedra 3/4"	m <sup>3</sup>	0.010	10.00	0.10
Arena	m <sup>3</sup>	0.014	6.00	0.08
Asfalto AP-3	gl.	1.800	1.44	2.59
Diesel II	gl.	0.25	1.40	0.35

SUBTOTAL O				3.56
------------	--	--	--	------

### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
Transporte de mezcla asfáltica	m3-Km	A 1.3	B 0.18	C= A * B 0.23
SUBTOTAL P				0.23
TOTAL COSTO DIRECTO $X=(M+N+O+P)$				5.13
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X		20.00%		1.03
OTROS INDIRECTOS % X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO				6.16
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>6.16</b>

ESTOS PRECIOS NO  
INCLUYEN IVA

QUITO , NOVIEMBRE DE 2011

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	309-6(4)E	0.003846	
Unidad:	m3-km	K=	15
Detalle:	Transporte de mezcla asfáltica para capa de rodadura		Horas/unidad

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
Camión Volqueta , 18 m3	A 1.00	B 34.00	C=A*B 34.00	260.00	D= C * R 0.13
SUBTOTAL M					0.13

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
Chofer E	A 1.00	B 4.06	C=A*B 4.06	260.00	D= C * R 0.02
SUBTOTAL N					0.02

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
SUBTOTAL O				

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
SUBTOTAL P				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)		0.15
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	0.03
OTROS INDIRECTOS % X		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		0.18
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>0.18</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro: 405-2 (1)

K= 0.00083333

Horas/unidad

Unidad: l.

Asfalto diluido tipo.....grado....., para riego de

Detalle: adherencia

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	1,200.00	D= C * R
Distribuidor Asfalto	1.00	32.79	32.79		0.03
Barredora Mecánica	1.00	24.75	24.75		0.02
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.05</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	1,200.00	D= C * R
Operador Distribuidor de Asfalto	1.00	2.86	2.86		
Operador Barredora	1.00	2.86	2.86		
Ayudante de Maquinaria	1.00	2.79	2.79		
Inspector de Obra	1.00	2.88	2.88		
Peón	5.00	2.77	13.85		0.01
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.01</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Asfalto SC	gl.	0.27	1.44	0.39
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.39</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)		0.45
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	0.09
OTROS INDIRECTOS % X		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>0.54</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>0.54</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	503(2)	0.333333	
Unidad:	m3	K= 33	Horas/unidad
Detalle:	Horm.estruc.cemento portland clase"A"(f'c=420 kg/cm2 S)		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	3.00	D= C * R
Encofrado movil para puentes	1.00	350.00	350.00		116.67
Vibrador, Wacker, 7 HP	1.00	3.14	3.14		1.05
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.42
Mixer	1.00	29.35	29.35		9.78
SUBTOTAL M					127.92

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	3.00	D= C * R
Maestro de Obra	1.00	2.86	2.86		0.95
Albañil	1.00	2.79	2.79		0.93
Ayudante Albañil	1.00	2.77	2.77		0.92
Peón	5.00	2.77	13.85		4.62
Chofer E	1.00	4.06	4.06		1.35
SUBTOTAL N					8.77

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Hormigón f'c= 420 Kg/cm2	m3	1.00	120.00	120.00
SUBTOTAL O				120.00

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
SUBTOTAL P				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)		256.69
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	51.34
OTROS INDIRECTOS % X		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		308.03
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>308.03</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	503(6)E	0.500000	
Unidad:	m	K= 00	Horas/unidad
Detalle:	Juntas de dilatacion y contraccion (Tipo III-MOP)		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	2.00	D= C * R
Equipo oxi-corte-soldadora	1.00	1.66	1.66		0.83
SUBTOTAL M					0.83

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	2.00	D= C * R
Maestro de Obra	1.00	2.86	2.86		1.43
Albañil	1.00	2.79	2.79		1.40
Soldador	1.00	2.79	2.79		1.40
Peón	2.00	2.77	5.54		2.77
SUBTOTAL N					7.00

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Acero de refuerzo en barras	kg	7.00	0.95	6.65
Acero estructural ASTM A-36	Kg	188.40	1.25	235.50
Electrodos	Kg	0.16	3.46	0.55
Oxígeno	m3	0.24	4.98	1.20
SUBTOTAL O				243.90

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
SUBTOTAL P				

TOTAL COSTO DIRECTO $X=(M+N+O+P)$		251.73
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	50.35
OTROS INDIRECTOS % X		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		302.08
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>302.08</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	504(1)	0.0333333	
Unidad:	kg	K= 3	Horas/unidad
Detalle:	Acero de refuerzo en barras fy=4200		
	kg/cm2		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	30.00	D= C * R
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.04
Dobladora de hierro	1.00	2.45	2.45		0.08
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.12</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	30.00	D= C * R
Fierrero	1.00	2.79	2.79		0.09
Peón	2.00	2.77	5.54		0.18
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.27</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Acero de refuerzo en barras	kg	1.00	0.95	0.95
Alambre recocido #18	kg	0.10	1.25	0.13
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1.08</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)		1.47
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	0.29
OTROS INDIRECTOS % X		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>1.76</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>1.76</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	503(7)E	10.000000	Horas/unidad
Unidad:	u	K= 00	
Detalle:	Placas de neopreno tipo stup-dureza 70(50x50x15)cm		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
Herramienta menor (juego)	A 1.00	B 1.25	C=A*B 1.25	0.10	D= C * R 12.50
SUBTOTAL M					12.50

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
Maestro de Obra	A 1.00	B 2.86	C=A*B 2.86	0.10	D= C * R 28.60
Ayudante Albañil	1.00	2.77	2.77		27.70
Peón	2.00	2.77	5.54		55.40
SUBTOTAL N					111.70

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Neopreno (50 x50 x 15) cm, Dureza shore 70	cm3	A 37500.00	B 0.08	C= A * B 3,000.00
SUBTOTAL O				3,000.00

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
SUBTOTAL P				

TOTAL COSTO DIRECTO		
X=(M+N+O+P)		3,124.20
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	624.84
OTROS INDIRECTOS % X		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		3,749.04
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>3,749.04</b>



### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	604-(3A)	K= 0.08333333	Horas/unidad
Unidad:	m		
Detalle:	Tubo P.V.C.preparada con acoples con estructura de horm.(D=100mm.)		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	12.00	D= C * R
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.10
SUBTOTAL M					0.10

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	12.00	D= C * R
Albañil	1.00	2.79	2.79		0.23
Peón	2.00	2.77	5.54		0.46
SUBTOTAL N					0.69

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Tubería PVC, D=10 cm	m	1.00	4.15	4.15
SUBTOTAL O				4.15

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
SUBTOTAL P				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)				4.94
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%			0.99
OTROS INDIRECTOS % X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO				5.93
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>5.93</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	704-1(3)	0.1000000	
Unidad:	m	K= 0	Horas/unidad
Detalle:	Barandales de Hormigon para puentes		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	10.00	D= C * R
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.13
Mixer	1.00	29.35	29.35		2.94
Dobladora de hierro	1.00	2.45	2.45		0.25
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.13
Vibrador, Wacker, 7 HP	1.00	3.14	3.14		0.31
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>3.76</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	10.00	D= C * R
Albañil	1.00	2.79	2.79		0.28
Ayudante Albañil	1.00	2.77	2.77		0.28
Peón	3.00	2.77	8.31		0.83
Chofer E	1.00	4.06	4.06		0.41
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.80</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Acero en varillas fy=4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	9.30	0.45	4.19
Hormigón f'c= 210 Kg/cm2	m3	0.80	86.00	68.80
Encofrado para estructuras	m2	1.00	1.00	1.00
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>73.99</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)				79.55
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%			15.91
OTROS INDIRECTOS % X				
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>				<b>95.46</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>95.46</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	304-1(2)	0.020000	
Unidad:	kg	K= 00	Horas/unidad
Detalle:	Acero para pretensado fy=16000kg/cm2		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	50.00	D= C * R
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.03
Equipo tensado	1.00	3.50	3.50		0.07
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.10</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	50.00	D= C * R
Albañil	1.00	2.79	2.79		0.06
Peón	3.00	2.77	8.31		0.17
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.23</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Acero de preesfuerzo (cables y anclajes)	kg	1.00	2.50	2.50
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>2.50</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO			
X=(M+N+O+P)			2.83
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%		0.57
OTROS INDIRECTOS % X			
COSTO TOTAL DEL RUBRO			3.40
<b>VALOR OFERTADO</b>			<b>3.40</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	309-4(2)	1.0000000	
Unidad:	m3	K=	0
Detalle:	Material de grouting		Horas/unidad

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	1.00	D= C * R
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		1.25
Bomba de inyección	1.00	4.00	4.00		4.00
Mezcladora de lechada, Colmono	1.00	1.27	1.27		1.27
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>6.52</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	1.00	D= C * R
Albañil	1.00	2.79	2.79		2.79
Peón	3.00	2.77	8.31		8.31
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>11.10</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Lechada de cemento para grouting	m3	1.00	85.00	85.00
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>85.00</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)				102.62
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%			20.52
OTROS INDIRECTOS % X				
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>				<b>123.14</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>123.14</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro: 307-2(2)  
 Unidad: m3  
 Detalle: Excavacion y relleno para puentes

0.090909	Horas/unidad
K= 09	

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	11.00	D= C * R
Excavadora Orugas 210 LC	1.00	34.35	34.35		3.12
Rodillo Liso ING. RAND SD-100-D 130 HP	1.00	33.28	33.28		3.03
Camión tanquero agua	1.00	27.87	27.87		2.53
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>8.68</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	11.00	D= C * R
Operador Excavadora	1.00	2.88	2.88		0.26
Operador Rodillo Autopropulsado	1.00	2.86	2.86		0.26
Chofer E	1.00	4.06	4.06		0.37
Inspector de Obra	1.00	2.88	2.88		0.26
Peón	3.00	2.77	8.31		0.76
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.91</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL O</b>				

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)				10.59
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%			2.12
OTROS INDIRECTOS % X				
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>				<b>12.71</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>12.71</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	503(4)	0.20000	Horas/unidad
Unidad:	m3	K= 000	
Detalle:	Horm.estruc.cemento portland clase"E"(f'c=180 kg/cm2 replantillos)		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	5.00	D= C * R
Vibrador, Wacker, 7 HP	1.00	3.14	3.14		0.63
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.25
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.88</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	5.00	D= C * R
Maestro de Obra		2.86			
Albañil		2.79			
Ayudante Albañil		2.77			
Peón		2.77			
<b>SUBTOTAL N</b>					

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Hormigón premezclado f'c= 180 Kg/cm2	m3	1.00	84.00	84.00
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>84.00</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)		84.88
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	16.98
OTROS INDIRECTOS % X		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>101.86</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>101.86</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	503(2)	1.0869565	
Unidad:	m3	K=	2
Detalle:	Horm.estruc.cemento portland clase"B"(f'c=210 kg/cm2)		Horas/unidad

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	0.92	D= C * R
Vibrador, Wacker, 7 HP	1.00	3.14	3.14		3.41
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		1.36
Mixer	0.15	29.35	4.40		4.78
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>9.55</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	0.92	D= C * R
Maestro de Obra	1.00	2.86	2.86		3.11
Albañil	1.00	2.79	2.79		3.03
Ayudante Albañil	1.00	2.77	2.77		3.01
Peón	5.00	2.77	13.85		15.05
Chofer E	0.15	4.06	0.61		0.66
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>24.86</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Hormigón f'c= 210 Kg/cm2	m3	1.00	86.00	86.00
Encofrado puentes	Global	1.00	45.00	45.00
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>131.00</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)		165.41
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	33.08
OTROS INDIRECTOS % X		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>198.49</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>198.49</b>

### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	612-(2)	2.500000	
Unidad:	u	K= 00	Horas/unidad
Detalle:	Pilas de cimentación (caissons) phi=3.00 m. profundidad 15 m.		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	0.40	D= C * R
Grúa	1.00	90.00	90.00		225.00
Perforadora rotativa	1.00	48.00	48.00		120.00
Bomba de agua	1.00	3.00	3.00		7.50
Soldadora Eléctrica,	1.00	5.73	5.73		14.33
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>366.83</b>

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	0.40	D= C * R
Operador 1	1.00	2.88	2.88		7.20
Op.Eq.Liviano	1.00	2.79	2.79		6.98
Maestro Soldador	1.00	2.88	2.88		7.20
Albañil	1.00	2.79	2.79		6.98
Fierrero	1.00	2.79	2.79		6.98
Peón	2.00	2.77	5.54		13.85
Ayudante de Maquinaria	1.00	2.79	2.79		6.98
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>56.17</b>

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Hormigón f'c=180 kg/cm2 para caissons	m3	106.00	86.00	9,116.00
Acero de refuerzo en barras	kg	221.90	0.95	210.81
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>9,326.81</b>

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
<b>SUBTOTAL P</b>				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)				9,749.81
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%			1,949.96
OTROS INDIRECTOS % X				
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>				<b>11,699.77</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>11,699.77</b>



### Análisis de Precios Unitarios

Rubro:	504(1)	0.0333333	
Unidad:	kg	K= 3	Horas/unidad
Detalle:	Acero de refuerzo en barras fy=4200		
	kg/cm2		

#### Equipos

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	30.00	D= C * R
Herramienta menor (juego)	1.00	1.25	1.25		0.04
Dobladora de hierro	1.00	2.45	2.45		0.08
SUBTOTAL M					0.12

#### Mano de Obra

Descripción ( Categoría)	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo Unitario
	A	B	C=A*B	30.00	D= C * R
Fierrero	1.00	2.79	2.79		0.09
Peón	2.00	2.77	5.54		0.18
SUBTOTAL N					0.27

#### Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
		A	B	C= A * B
Acero de refuerzo en barras	kg	1.00	0.95	0.95
Alambre recocido #18	kg	0.10	1.25	0.13
SUBTOTAL O				1.08

#### Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
		A	B	C= A * B
SUBTOTAL P				

TOTAL COSTO DIRECTO X=(M+N+O+P)		1.47
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X	20.00%	0.29
OTROS INDIRECTOS % X		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		1.76
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>1.76</b>