

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Recopilación de información sobre materiales de puentes
construidos en los últimos años en Ecuador

Proyecto de investigación

Carlos Andrés Román Estupiñán

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Civil

Quito, 2 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Recopilación de información sobre materiales de puentes
construidos en los últimos años en Ecuador

Carlos Andrés Román Estupiñán

Calificación:

Nombre del Profesor y Título académico

Eva Lantsoght, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 2 de mayo de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Carlos Andrés Román Estupiñán

Código: 00116527

Cédula de Identidad: 1721297370

Lugar y fecha: Quito, 2 de mayo de 2019

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la recopilación y clasificación de varios puentes construidos en Ecuador. Los puentes recopilados servirán como base de datos para un programa de Artificial Neural Network o ANN. Por esta razón, todos los puentes mostrados en este trabajo fueron clasificados según su sistema estructural y por la longitud de sus luces. Esta clasificación permite realizar una estimación de la cantidad de los diferentes rubros de un puente. Como resultado se obtiene un modelo de regresión lineal, el cual es lo suficientemente exacto para predecir la cantidad del rubro de acero en los elementos estructurales de un puente. Adicionalmente se analizan otros parámetros de clasificación de los puentes como son las cargas de diseño y los códigos de diseño que rigen en la construcción de puentes en Ecuador.

Palabras clave: Puentes, ANN, sistema estructural, luces, rubros, modelo de regresión lineal, cargas de diseño y códigos de diseño.

ABSTRACT

This work consists on the compilation and classification of several bridges built in Ecuador. The collected bridges will be used as a database for an Artificial Neural Network or ANN program. For this reason, all the bridges shown in this work were classified according to their structural system and the length of their spans. This classification allows to estimate the quantity of the different materials of a bridge. As a result, a linear regression model is obtained, which is accurate enough to predict the amount of the steel in the structural elements of a bridge. Additionally, other parameters for the classification of bridges are analyzed, such as the design loads and design codes that govern the construction of bridges in Ecuador.

Key words: Bridges, ANN, structural system, spans, materials, linear regression model, design loads and design codes.

Índice de Contenidos

Índice de Tablas.....	15
Introducción.....	16
Antecedentes.....	16
El problema	17
Alcance de la investigación	17
Propósito de la investigación.....	18
Revisión de literatura.....	20
Artificial Neural Networks (ANN).....	20
Estimación de Cantidades de Materiales	22
Código NEC-SE-DS	25
Código AASHTO LRFD for Bridge Design Specification	28
Estados Límites de Diseño	28
Cargas de Diseño.....	31
Metodología de la investigación.....	35
Recolección de datos	35
Definición de variables.....	36
1.- Luz Promedio del Puente	36
2.- Luz Máxima del Puente	37
3.- Número de luces del Puente.....	37
4.- Sistema Estructural de Soporte	37

Pilas Verticales de Concreto.....	37
Pilas Verticales de Acero.....	38
Marcos de Acero.....	39
Marcos de Hormigón Armado.....	39
Arcos de Acero.....	39
Arco de Hormigón.....	40
Soportes Atirantados.....	41
Suspensión Estructural.....	42
5.- Sistema Estructural Longitudinal.....	43
Vigas de Acero o Compuestos Acero-Hormigón.....	44
Tableros de Celosía de Acero.....	44
Vigas Tipo Cajón de Acero u Hormigón-Acero.....	45
Vigas Estructurales Tipo Cajón de Hormigón.....	46
Vigas Estructurales de Hormigón Tipo “I”.....	47
6.- Tipo de Material Utilizado en el Tablero.....	48
Tablero Ortotrópico de Acero.....	48
Tablero de Losa de Hormigón.....	49
Tablero Compuestos de Acero y Hormigón.....	50
7.- Tipo de Tráfico de Diseño.....	51
Tráfico de Carretera (Road).....	51
Tráfico de Trenes (Rail).....	53

8.- Código y Parámetros de Diseño.....	53
Eurocode o similares	54
Estándares Estadounidenses o similares.....	54
Otros Estándares de Diseño.....	55
9.- Número de Líneas de Tráfico	55
10.- Cálculo de Carga Viva.....	55
11.- Cargas Significativas de Diseño	58
Carga Vehicular Especial	58
Carga Vehicular Más Fuerzas de Viento Significativas.....	58
Carga Vehicular más Fuerzas Sísmicas Significativas.....	59
12.- Tipo de Apoyo de Vigas	59
Vigas no Continuas Simplemente Apoyadas	59
Vigas Continuas Simplemente Apoyadas	60
13.- Alguna Otro Caso de Complejidad.....	61
Puente Curvo en Planta	61
Puente con Pilas de Gran Dimensión	61
Ninguna	62
Clasificación de puentes	62
1.- Puente Río San Pedro	62
2.- Puente Río Conejo	63
3.- Puente Río Quinindé.....	64

4.- Puente Río Vinsade.....	65
5.- Puente Río Zapatillo	66
6.- Puente Río Santima.....	67
7.- Puente Río Tangare.....	68
8.- Puente Río Ostiones.....	69
9.- Puente Río Chamba	71
10.- Puente Río Tonchigüe.....	72
11.- Puente Río Pizares	73
12.- Puente Quebrada del Parto.....	74
13.- Puente Río Chumundé	75
14.- Puente Estero Naranjal.....	76
15.- Puente Río Wawaime.....	77
Cálculo de cantidades de materiales.....	83
Análisis de Resultados.....	89
Discusiones.....	96
Conclusiones.....	98
Recomendaciones para futuro trabajo	101
Referencias	102
Anexo A: Puente Río San Pedro (Plano 1).....	105
Anexo B: Puente Río San Pedro (Plano 2).....	106
Anexo C: Puente Río Conejo (Plano 1).....	107

Anexo D: Puente Río Conejo (Plano 2)	108
Anexo E: Puente Río Quinindé (Plano 1).....	109
Anexo F: Puente Río Quinindé (Plano 2).....	110
Anexo G: Puente Río Vinsade (Plano 1).....	111
Anexo H: Puente Río Vinsade (Plano 2).....	112
Anexo I: Puente Río Zapatillo (Plano 1)	113
Anexo J: Puente Río Zapatillo (Plano 2).....	114
Anexo K: Puente Río Santima (Plano 1).....	115
Anexo L: Puente Río Santima (Plano 2)	116
Anexo M: Puente Río Tangare (Plano 1)	117
Anexo N: Puente Río Tangare (Plano 2).....	118
Anexo O: Puente Río Ostiones (Plano 1).....	119
Anexo P: Puente Río Ostiones (Plano 2).....	120
Anexo Q: Puente Río Ostiones (Plano 3).....	121
Anexo R: Puente Río Chamba (Plano 1).....	122
Anexo S: Puente Río Chamba (Plano 2)	123
Anexo T: Puente Río Tonchigüe (Plano 1)	124
Anexo U: Puente Río Tonchigüe (Plano 2).....	125
Anexo V: Puente Río Pizares (Plano 1)	126
Anexo W: Puente Río Pizares (Plano 2).....	127
Anexo X: Puente Quebrada del Parto (Plano 1).....	128

Anexo Y: Puente Quebrada del Parto (Plano 2).....	129
Anexo Z: Puente Río Chumundé (Plano 1).....	130
Anexo AA: Puente Río Chumundé (Plano 2).....	131
Anexo AB: Puente Río Naranjal (Plano 1).....	132
Anexo AC: Puente Río Naranjal (Plano 2).....	133
Anexo AD: Puente Río Wawaime (Plano 1).....	134
Anexo AE: Puente Río Wawaime (Plano 2)	135
Anexo AF: Puente Río Wawaime (Plano 3).....	136
Anexo AG: Puente Río Wawaime (Plano 4).....	137

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Mapa Típico de un ANN (Morcoux et al., 2001).	21
Ilustración 2. Validación de Aprendizaje del Programa de Artificial Neural Network (Abambres, et al., 2018).	21
Ilustración 3. Metodología General de Investigación (García de Soto et al., 2017).	23
Ilustración 4. Mapa de Peligro Sísmico de Ecuador para diferentes regiones del país (NEC, 2015).	26
Ilustración 5. Curva de peligro sísmico para la provincia de Esmeraldas (NEC, 2015).	27
Ilustración 6. Espectro UHS para la provincia de Esmeraldas. Con $S_a = f(g)$ y T en segundos.	27
Ilustración 7. Camión de diseño HL93 (AASHTO, 2014).	33
Ilustración 8. Tándem de diseño (AASHTO, 2014).	33
Ilustración 9. Puente con Pilas de Hormigón (Chen & Duan, 2014).	38
Ilustración 10. Marcos de hormigón armado típicos (Chen & Duan, 2014).	39
Ilustración 11. Puente de arco de acero (Chen & Duan, 2014).	40
Ilustración 12. Puente de arco de hormigón (Chen & Duan, 2014).	41
Ilustración 13. Transferencia Básica de Carga en un Sistema de Cable Estructural (Chen & Duan, 2014).	42
Ilustración 14. Componentes de un puente suspendido (Chen & Duan, 2014).	43
Ilustración 15. Componentes Típicos de Viga con Perfil Tipo "I" (Chen & Duan, 2014).	44
Ilustración 16. Componentes Típicos de un Puente de Celosía de Acero (Chen & Duan, 2014).	45
Ilustración 17. Vigas Tipo Cajón de Acero (Chen & Duan, 2014).	46

Ilustración 18. Puente Típico de Vigas Tipo Cajón o Box Girders en Hormigón Pretensado (Chen & Duan, 2014).	47
Ilustración 19. Viga Prefabricada Tipo "I" (Chen & Duan, 2014).	48
Ilustración 20. Elementos Típicos de un Tablero de Acero Ortotrópico (Chen & Duan, 2014).	49
Ilustración 21. Tablero de Losa de Hormigón Prefabricado (Chen & Duan, 2014).....	50
Ilustración 22. Tablero de Losa Fabricado en Sitio (Chen & Duan, 2014).....	50
Ilustración 23. Modelo de Carga de Tráfico Vehicular Eurocode (O'Brien et al., 2015).	52
Ilustración 24. Modelo de Carga de Tráfico Vehicular AASHTO-Sistema Internacional (O'Brien et al., 2015).....	52
Ilustración 25. Ubicación de carga viva en sección transversal (Kim, 2013).	56
Ilustración 26. Puente de Una Luz Simplemente Apoyado (O'Brien et al., 2015).	59
Ilustración 27. Momento Máximo de un Puente de una Luz Simplemente Apoyado (O'Brien et al., 2015).	60
Ilustración 28. Puente de Varias Luces Simplemente Apoyadas (O'Brien et al., 2015).....	60
Ilustración 29. Momentos Máximos en un Puente de Varias Luces Simplemente Apoyadas (O'Brien et al., 2015).....	60
Ilustración 30. Puente de una Sola Vigas Continua con Varios (O'Brien et al., 2015).....	60
Ilustración 31. Momentos de un Puente de Viga Continua con Varios Soportes (O'Brien et al., 2015).	60
Ilustración 32. Puente de Geometría Curva en Planta (Chen & Duan, 2014).	61
Ilustración 33. Sección Transversal Río San Pedro.....	63
Ilustración 34. Sección Transversal Río Conejo	64
Ilustración 35. Sección Transversal Río Quinindé	65
Ilustración 36. Sección Transversal Río Vinsade.....	66

Ilustración 37. Sección Transversal Río Zapatillo	67
Ilustración 38. Sección Transversal Río Santima.....	68
Ilustración 39. Sección Transversal Río Tangare.....	69
Ilustración 40. Sección Transversal Río Ostiones.....	70
Ilustración 41. Sección Transversal Río Chamba.....	71
Ilustración 42. Sección Transversal Río Tonchigüe.....	72
Ilustración 43. Sección Transversal Río Pizares.	73
Ilustración 44. Sección Transversal Quebrada del Parto.....	75
Ilustración 45. Sección Transversal Río Chumundé.	76
Ilustración 46. Sección Transversal Río Naranjal.	77
Ilustración 47. Sección Transversal Generalizada Río Wawaime.....	79
Ilustración 48. Estribo Izquierdo Río Zapatillo.....	83
Ilustración 49. Regresión Lineal de Sa vs SQtt.....	91
Ilustración 50. Regresión Lineal de Sm vs SQtt.....	93

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de Puentes (Input).....	81
Tabla 2. Cálculo de carga viva.	82
Tabla 3. Cantidad de Materiales en Puentes de Estudio.....	87
Tabla 4. Resultados de Cantidades de Materiales por Metro Lineal por Carril de Puente (Output).	88
Tabla 5. Solución de Regresión Lineal Para S_a vs S_{Qt}	90
Tabla 6. Solución de Regresión Lineal Para S_m vs S_{Qt}	92

Introducción

Antecedentes

A lo largo de la ingeniería, la estimación de rubros ha sido muy importante. La estimación de estos nos permite, entre otras cosas, determinar el precio que tendrá una determinada obra y nos permite generar un cronograma detallado del avance de esta (Fragkakis, Lambropoulos, & Pantouvakis, 2010). En este trabajo nos enfocaremos en determinar de manera adecuada las cantidades en obra utilizadas en la construcción de varios puentes ubicados en Ecuador.

La predicción de las cantidades de materiales utilizados, por lo tanto, es de gran importancia si lo que queremos es preparar una oferta económica para un proceso de licitación o contratación. En el caso de los puentes, será de gran ayuda conocer la cantidad de hormigón y acero necesaria para construir algún puente en específico. Muchos estudios se han realizado acerca de la estimación de cantidad de materiales utilizados en puentes, pero no muchos han logrado predecir las cantidades con exactitud. Existen algunas investigaciones importantes en las que se ha logrado predecir con cierta exactitud no solo precios relacionados a construcción, sino también a mantenimiento (Dimitriou, Marinelli, & Fragkakis, 2018).

La predicción de las cantidades de los materiales tiene como parámetro de entrada varios factores como proyectos similares existentes y esto mejora cuando se realiza una amplia clasificación en conjunto. Existen algunos proyectos en los que se ha intentado estimar las cantidades utilizadas en etapas de construcción (García de Soto, Adey, & Fernando, 2017), pero los resultados obtenidos tienen resultados poco exactos por el momento.

En el caso de Ecuador, la normativa de construcción hace referencia a fuertes cargas sísmicas que existen en la región. Estas deben ser consideradas en los parámetros de diseño e implicarán un cambio en la cantidad de material usado en construcciones.

El problema

Los puentes, han demostrado ser iconos de las ciudades, regiones o países a lo largo de la historia (Chen & Duan, 2014). Esta es la razón por la que en este trabajo buscaremos proveer una correcta base de datos de materiales a utilizar para construir la estructura de un puente, para posteriormente lograr realizar una estimación rápida y precisa de las cantidades utilizando un programa de Artificial Neural Networks (ANN) que será provisto por Miguel Abrambres, PhD.

Para determinar de manera acertada las cantidades de materiales para la construcción de un puente, necesitaremos una gran fuente de datos de entrada. Y por medio de una regresión lineal se conseguirán los datos con mayor precisión. A mayor cantidad de datos de entrada, mayor será la precisión del programa (García de Soto et al., 2017).

Es por esta razón que el problema consiste en brindar información fiable y acertada de proyectos existentes, para que se pueda realizar una estimación de la manera más exacta posible. Con esto se podría llegar determinar un costo estimado de manera rápida de un puente nuevo por construirse (García de Soto et al., 2017).

Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación consiste en la recopilación y clasificación de 15 puentes construidos en Ecuador. La clasificación será realizada de acuerdo con lo acordado con la directora del trabajo, con el fin de utilizar los datos aquí obtenidos y procesados para el artículo académico que será posteriormente revisado para una posible publicación en conjunto con la Universidad San Francisco de Quito.

Dentro de la recopilación de información se buscará por medios particulares los planos estructurales de puentes construidos en el Ecuador dentro de los últimos 20 años. Con los planos estructurales se procederá a estimar y verificar la cantidad de hormigón y acero utilizado en la estructura del puente. Dentro de lo que se considera la estructura del puente,

no se encuentran incluidas secciones como losas de aproximación ni tampoco replantillos o mejoramientos de suelo de cualquier tipo.

Dentro del alcance de esta investigación únicamente se tratará puentes entre los 20 y los 300 metros de luz libre. Se dejará de lado puentes cuyas luces sean inferiores a los 20 metros, ya que su construcción tiene procesos y cantidades de materiales muy similares entre diferentes proyectos. Por otro lado, los puentes superiores a los 300 metros de luz libre, por lo general involucran procesos constructivos de mucho mayor dificultad (Chen & Duan, 2014) que los comprendidos entre los 20 metros y los 300 metros; es por esta razón que se ha decidido dejarlos fuera del alcance de esta investigación.

De igual manera dentro de los parámetros de clasificación se realizará el cálculo de la carga viva actuante en un carril, en un metro lineal del puente. Para esto necesitaremos ampliarnos un poco dentro de la norma AASHTO, Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design. Dentro de la definición de variables también tendremos que determinar si los puentes están sometidos o no a la acción sísmica, para lo cual se hará una breve referencia de las fuerzas sísmicas a las cuales se encuentran sometidos los puentes construidos en Ecuador. Finalmente se proporcionarán algunas otras clasificaciones de menor importancia como arquitectónicas o similares (Yeh, 1998), especificadas posteriormente en el trabajo.

Propósito de la investigación

El propósito final de la investigación será brindar una correcta base de datos de entrada, para ser utilizada en el proyecto general de ANN de estimación de cantidades en obra. Este proyecto de menor escala buscará ser una fuente fiable para otro proyecto de mayor escala, en el cual se continuará trabajando en el próximo año. En ese proyecto existirá una recopilación de información similar de otros lugares del mundo, con el fin de crear una base de datos de cantidad de materiales utilizados en la construcción de varios puentes de diferentes tipos. Este trabajo final en el cual se seguirá trabajando, será presentado como colaboración en el Grant

USFQ 2019 con el fin de crear un modelo para predecir de manera exacta la cantidad de materiales utilizados en la construcción de un puente.

Revisión de literatura

Artificial Neural Networks (ANN)

Un programa de ANN es un programa de computadora que recolecta información de varias fuentes y que funciona de manera similar a las neuronas biológicas, para determinar resultados lógicos y confiables dentro de una investigación (Morcous, Bakhoun, Taha, & El-Said, 2001). Esta similitud con el cerebro humano es la que nos permite afirmar que este modelo será más exacto que modelos basados en experiencia o modelos matemáticos. Si bien existen algunos modelos matemáticos dentro del modelo ANN, al relacionarse con información previa existente y una especie de lógica similar a la del cerebro humano es lo que lo vuelve superior (Morcous et al., 2001). Los modelos que existen de ANN utilizan un proceso que se basa en experiencia previa para generar un aprendizaje y que este entregue a su vez genere el menor error posible en los outputs o resultados de la investigación. El programa de ANN que se referirá utiliza un mecanismo conocido como “*feedforward*” (Abambres, Rajana, Tsavdaridis, & Ribeiro, 2018) que consiste en tres mecanismo principales de validación de la información de entrada, los cuales son:

- Entrenamiento.
- Validación.
- Prueba.

En este proceso el programa se encarga de generar experiencia entorno a la base de datos como se mencionó anteriormente. Este aprendizaje puede ser con variables de entrada con etiquetas o sin etiquetas y según esto se realizará el proceso de pre-aprendizaje correspondiente del programa (Abambres et al., 2018). Una vez alcanzado un nivel de aprendizaje suficiente para que los resultados determinados por el programa de ANN y los resultados provistos en la base de datos sea lo suficientemente cercana, se finalizará el programa dando, así como resultado la información más cercana posible a la real. El

programa realiza una extrapolación ya sea por aproximación lineal o por clasificación de problemas, a la que posteriormente genera una validación. Esta validación del proceso de aprendizaje se da con valores ingresados en la base de datos, con los cuales se busca detener el proceso de aprendizaje del programa en el punto donde se obtiene los resultados más óptimos (Abambres et al., 2018). La ilustración 1 indica un diagrama general de como funcionan los programas de ANN y la ilustración 2 muestra la extrapolación con el proceso de aprendizaje único del programa que se utilizará para analizar los datos presentados en este trabajo.

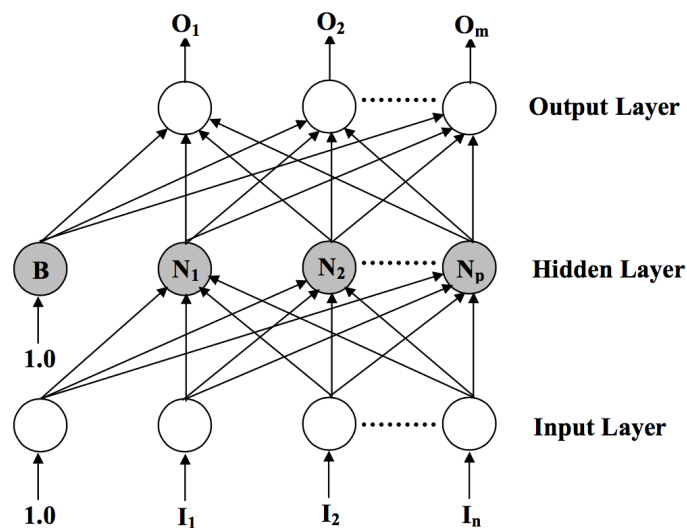


Ilustración 1. Mapa Típico de un ANN (Morcoux et al., 2001).

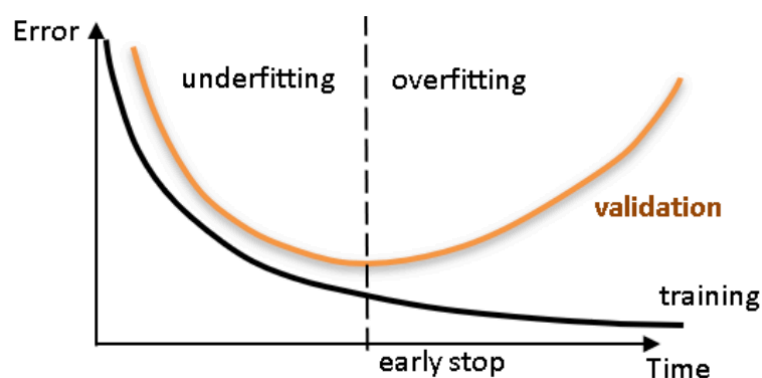


Ilustración 2. Validación de Aprendizaje del Programa de Artificial Neural Network (Abambres, et al., 2018).

Estimación de Cantidades de Materiales

Existen diferentes procesos durante un proyecto. Por lo general estos proyectos o fases van aumentando su costo con respecto a la anterior. Por ejemplo, la etapa de diseño definitivo de un proyecto conllevará un mayor costo que la etapa del diseño preliminar de un proyecto. Esto no es una regla necesariamente, pero si es una característica que se cumple en una mayoría de los casos. Es por esta razón que una rápida estimación de materiales y de costos es de suma importancia. En el caso del Ecuador, las normas de control interno de la Contraloría General del Estado determinan que solo aquellos proyectos que muestren tener viabilidad durante ciertos procesos podrán continuar a la siguiente fase (2009). Esto implica que solo aquellos proyectos que demuestren ser técnica y económicamente viables podrán llegar a una etapa de diseño definitivo y posterior construcción.

Es aquí donde entra en juego una correcta estimación y es por esta razón que se ha seleccionado investigar acerca de los diferentes métodos de estimación rápidos que existen. Muchos proyectos necesitan poder realizar un presupuesto de manera acertada y en una etapa temprana de la construcción para poder acceder a una etapa posterior (García de Soto et al., 2017). Existen diferentes trabajos de estimaciones de carreteras o cantidades de asfalto sobre puentes de las cuales se hablará en esta sección. La investigación más destacable que se encontró es la de García de Soto y sus colegas (2017), los cuales realizan ya una estimación de cantidad de materiales por medio de un software de Artificial Neural Networks (ANN). En las conclusiones de dicho artículo (García de Soto et al., 2017) se menciona que existe una diferencia de las cantidades estimadas a las reales calculadas dentro de un margen de -13% y +17% y que al menos el 70% de los resultados muestra una variación del 5% adicional. Estos resultados pueden cambiar drásticamente los costos al tratarse de cantidades de material empleados en un puente. La cantidad de materiales empleada en la construcción de un puente

es mucho mayor a la de una construcción de alguna edificación, y es por esta razón que un error así no es aceptable.

Sin embargo, la metodología de utilizada en dicho artículo es muy rescatable. La ilustración 3, muestra de manera general como funciona el modelo de investigación de García de Soto y sus colegas (2017):

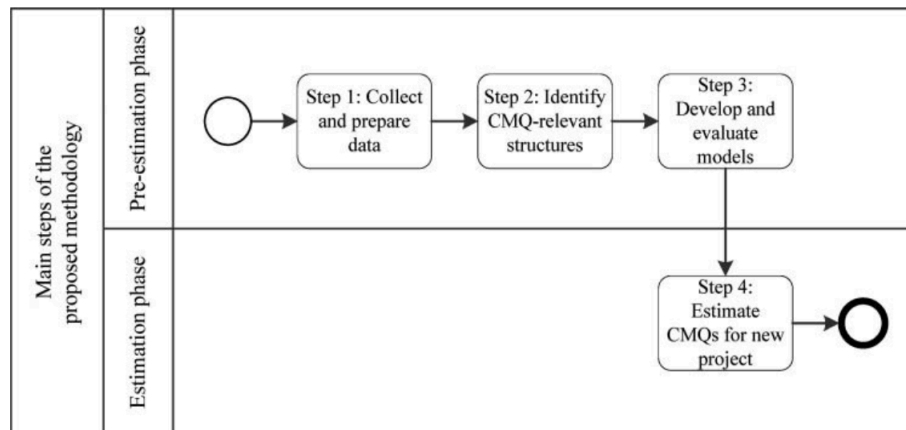


Ilustración 3. Metodología General de Investigación (García de Soto et al., 2017).

Como se puede observar el proceso se divide en dos bien claros, la pre-estimación y la estimación en sí. En este trabajo nuestro objetivo será el primer paso el cual únicamente involucra la recolección y preparación de la información a ser utilizada a más de la identificación de las cantidades de materiales. Dentro de estos dos primeros pasos, es necesario generar nuevas variables para delimitar aún más la investigación y que los resultados tengan una mayor precisión. En nuestra investigación discutiremos las clasificaciones que se realizaron posteriormente dentro de la sección de identificación de variables. Es importante mencionar que las partes de la estructura que se han seleccionado, deja de lado todas las cargas sobrepuestas en el puente como la carpeta asfáltica o veredas, al igual que postes y demás. Únicamente se considerará la cantidad de materiales utilizado en la estructura, incluyendo vigas y losa de la superestructura. En cuanto a la subestructura, se considerará en cuenta el material utilizado en apoyos y muros, así como los de pilares

intermedios de igual manera. El material de la cimentación será considerado de igual manera. Estos parámetros fueron decididos para mantener una similitud con el estudio de Fragkakis, Lambropoulos y Pantouvakis (2010), en el cual solo se enfocaron en estimar las cantidades de materiales y enfocarse más en la precisión que estas estimaciones reflejan en los costos.

En aquella investigación se recopiló información de 63 puentes en hormigón pretensado y utilizó un modelo lineal para la estimación de cantidad de materiales y posteriormente para estimar precios de los mismos puentes. Con el valor de R cuadrado entre 70% y 93% se determinó que el modelo propuesto en esta investigación fue lo suficientemente certero como para en un futuro aplicarse o investigarse a mayor profundidad. Es por esta razón que se ha tomado esta investigación como referencia para determinar que partes del puente se analizaran dentro del conteo de la cantidad de materiales.

Otra investigación muy similar que se realizó y se mencionó antes, es la de Morcous y otros (2001). En este artículo se menciona la importancia de delimitar las luces de los puentes que se van a analizar. En la que se menciona que varios expertos en puentes se reunieron para determinar las luces que se trabajarían y cuales no (Morcous et al., 2001). En ese proyecto se determinó que la mínima luz que se tomaría en cuenta es de 62 metros y máximo una luz de 150 metros. Se logró una precisión tal que el error entre la estimación del programa de ANN y la cantidad de hormigón real utilizada fue de 7.5% (Morcous et al., 2001). Este es un error mucho menor y hasta cierto punto podríamos decir que es aceptable. Esto se puede deber a varios parámetros como: programación del ANN, base de datos fiable de input, determinación de variables o variabilidad en inputs, etc. En las conclusiones de dicho trabajo se especifica que los programas de ANN han mostrado ser eficientes para una rápida estimación de cantidades de materiales.

Algo que podemos obtener de conclusión de la revisión de la bibliografía es que han existido varios intentos de realizar estas estimaciones. En las cuales podemos identificar un

error en particular y es el de errores superiores al 5%, con lo cual a pesar de ser precisos no se llega a ser exactos. Algo que esta investigación conllevará a futuro es una recolección de datos mayor a la que se ha observado en los artículos aquí mencionados. Los puentes presentados en este trabajo sirven como la primera fuente de input para el programa ANN y la definición de variables es uno de los puntos más destacado en este trabajo, el mismo que será mostrado posteriormente. La última mención que se debe realizar es que al ser información recopilada en Ecuador tendremos que hacer referencia a la normativa constructiva del país como justificación a ciertas variables, como lo veremos a continuación.

Código NEC-SE-DS

Los puentes construidos en Ecuador deben estar diseñados para resistir la actividad sísmica de la zona (NEC, 2015). Para toda estructura diferente a una edificación, se debe hacer referencia a la sección 9 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), cuya última versión se publicó en el año 2015. En dicha sección se menciona que cualquier otro tipo de estructura diferente a las edificaciones debe ser capaz de resistir la fuerza lateral mínima especificada (NEC, 2015). En el caso de los puentes, se debe utilizar la sección 9.2.2, en la cual se indica que para el diseño sismo resistente de puentes se debe utilizar la norma AASHTO, Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design. Los espectros de diseño para los diferentes niveles de amenaza sísmica deben ser tomados de la ilustración 4:

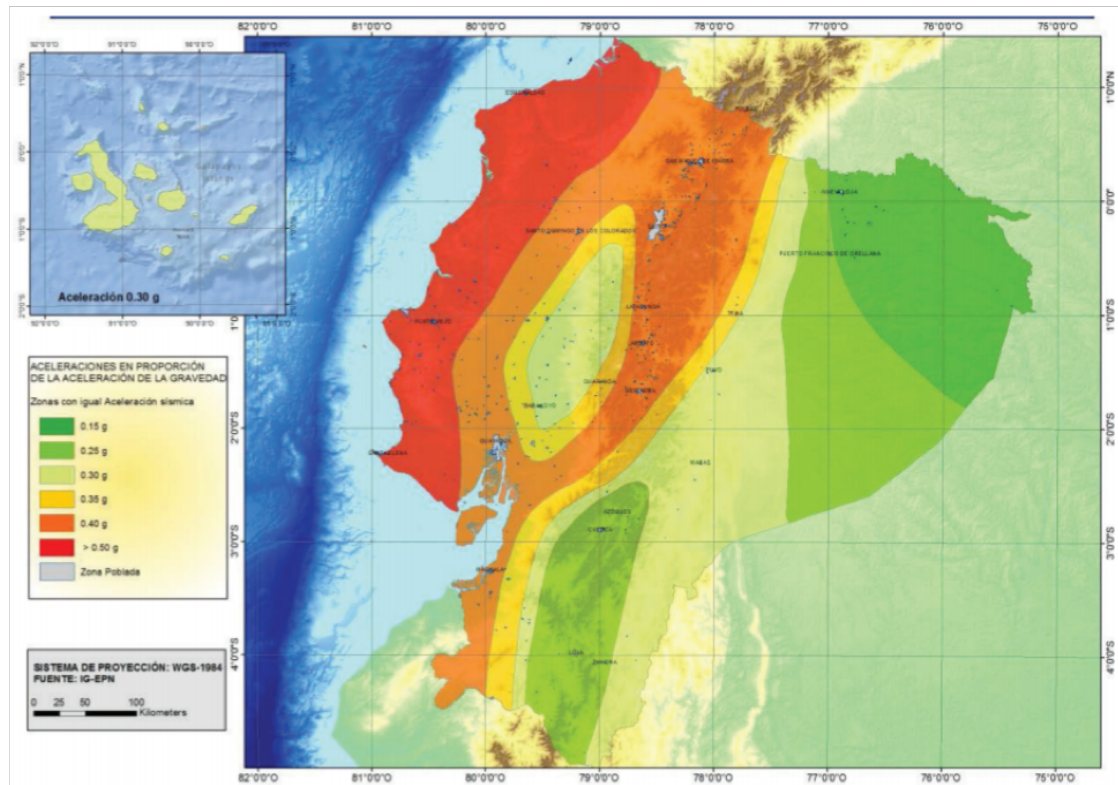


Ilustración 4. Mapa de Peligro Sísmico de Ecuador para diferentes regiones del país (NEC, 2015).

Como se puede observar, en el Ecuador existe un mayor peligro sísmico en las regiones de la Costa, en comparación con las regiones de la Sierra o la Amazonía. Según el mapa de peligro sísmico de la NEC, se debe considerar la sismicidad de la zona correspondiente a cada sitio específico de diseño y todo puente diseñado en el Ecuador debe cumplir los objetivos de desempeño estructural necesarios para los sismos de la zona (2015).

En este trabajo, la mayor cantidad de puentes recopilados están ubicados en la provincia de Esmeraldas por lo que se procederá a analizar la curva de peligro sísmico de esta provincia en específico. En la sección 10.4.2 de la NEC (2015), se proporciona las diferentes curvas de peligro sísmicos para cada provincia del Ecuador. La curva de peligro sísmico de la provincia de Esmeraldas se muestra en la ilustración 5:

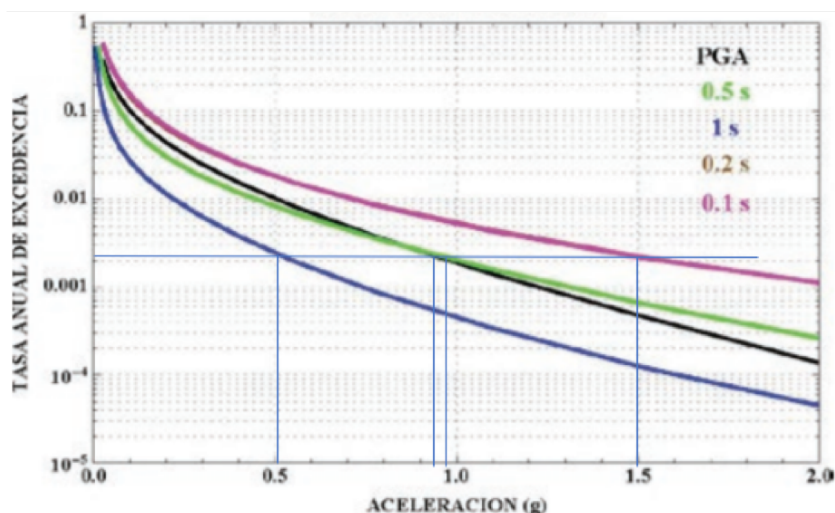


Ilustración 5. Curva de peligro sísmico para la provincia de Esmeraldas (NEC, 2015).

Como se puede observar en la curva de peligro sísmico para la provincia de Esmeraldas, los periodos estructurales más bajos son los que sufrirán una mayor aceleración el momento que ocurra el sismo de diseño de la NEC (2015). El sismo de diseño de la NEC tiene un periodo de retorno de 475 años, con una probabilidad de excedencia de 0.00211% (2015). La ilustración 6, muestra el espectro UHS obtenido para la provincia de Esmeraldas, si ocurriese el sismo de diseño:

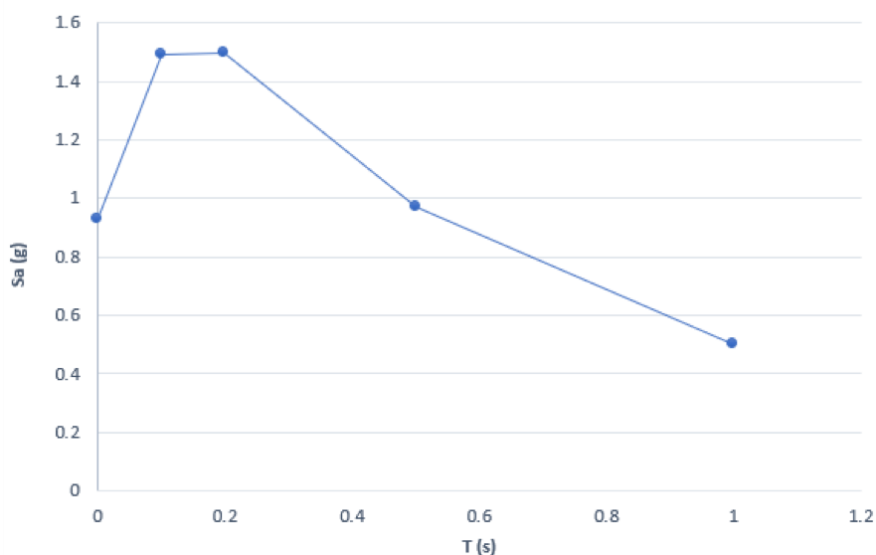


Ilustración 6. Espectro UHS para la provincia de Esmeraldas. Con $S_a = f(g)$ y T en segundos.

Como se puede observar, se debe tener cuidado al diseñar cualquier tipo de estructura dentro de un periodo estructural menor a 0.5 segundos. En general se observan aceleraciones elevadas para cualquier periodo estructural menor a 1 segundo y es esta la razón por la que todos los puentes que se revisarán en el presente trabajo son considerados puentes sometidos a una alta actividad sísmica.

Código AASHTO LRFD for Bridge Design Specification

El código AASHTO (2014) rige el diseño de puentes en Estados Unidos y en la mayoría de países de América. Este código nos brinda ciertos requisitos de diseño a ser considerados de los cuales destacan la carga viva, sobreimpuesta, de viento, frenado y otras cargas importantes el momento de diseñar un puente. Dentro de esta investigación es importante hacer referencia a algunas cargas muy puntuales como es la carga muerta, la carga viva, la carga sobreimpuesta, la carga sísmica y las combinaciones de cargas para realizar el diseño de un puente.

Estados Límites de Diseño

Existen diferentes estados límites especificados en el código AASHTO los cuales son:

- General.
- Servicio.
- Fatiga y Fractura.
- Resistencia.
- Evento Extremo.

Cada uno de estos estados límites implica una condición adecuada de funcionamiento del puente, son los criterios bases de diseño de puentes según la norma AASHTO (2014). En esta investigación nos interesa cuantificar los materiales en obra y solo algunos de estos estados límites serán de importancia al clasificar los puentes, como es el estado límite de

evento extremo 1, que incluye la acción sísmica y el de resistencia que involucra otras cargas como la muerta y la viva. A continuación se da una breve interpretación de cada uno de los estados límites antes mencionados.

El estado límite general es basado en la filosofía de diseño LRFD (Load and Resistant Factor Design), la cual implica un aumento de la demanda de cargas y una disminución de la capacidad, por el uso de factores determinados tras varios estudios, de manera estadística y analítica. A diferencia de los factores utilizados para el diseño y construcción de edificaciones, en los puentes existen otros criterios de aumento de la demanda los cuales tiene implicación con la ductilidad de diseño, la redundancia y clasificación de uso operacional.

El estado límite de servicio implica la limitación de las deformaciones y los esfuerzos que soporta la estructura (AASHTO, 2014). Intenta evitar el agrietamiento bajo condiciones normales de funcionamiento para las que el puente fue diseñado.

El estado límite de fatiga y fractura intenta limitar las grietas o deformaciones de un puente que es sometido a varios ciclos de cargas repetitivas en el tiempo (AASHTO, 2014). Esto implica que durante una vida útil, para la cual fue diseñado un puente, este debe ser capaz de limitar sus agrietamientos y deformaciones dentro de este periodo y no fallar por fatiga (ciclos repetitivos de carga, que generan esfuerzos sobre la estructura a lo largo del tiempo) (Wight & MacGregor, 2012).

El estado límite de resistencia implica que el puente sea capaz de resistir de manera local y global, las cargas de diseño para las cuales fue construido (AASHTO, 2014). Es decir, un puente debe ser capaz de soportar todas las cargas para las cuales fue diseñado durante su vida útil, brindando estabilidad y resistencia local y global de manera adecuada.

El estado límite de evento extremo hace referencia a evitar el colapso del puente, bajo condiciones poco repetitivas, durante la vida útil del puente. Estos eventos extremos involucran varias cargas fortuitas, pero de gran magnitud. Un ejemplo de estas cargas son los

terremotos, el colapso de un vehículo pesado o un deshielo sobre las pilas del puente. Son eventos poco convencionales durante la vida útil del puente, pero son los que por lo general controlan el diseño del mismo (AASHTO, 2014).

Dentro de estos estados límites mencionados anteriormente, se encuentran involucrados varios parámetros de diseño, los cuales son:

- Ductilidad.
- Redundancia estructural.
- Importancia operacional.

El criterio de ductilidad hace referencia a la capacidad de la estructura de disipar energía de manera inelástico (Wight & MacGregor, 2012). En el código AASHTO se especifica que las estructuras de puentes de manera general pueden ser consideradas como no dúctiles, medianamente dúctiles y con alta ductilidad (2014). Esto involucra un aumento o disminución de la capacidad de la estructura, según el estado límite que se esté analizando.

El criterio de redundancia estructural hace referencia a la capacidad que tiene una estructura de reacomodar sus cargas, evitando el colapso en el supuesto caso de que alguno de sus elementos estructurales colapsara (Wight & MacGregor, 2012). Lo que implica que, en el caso de existir algún colapso de algún miembro estructural, los demás miembros estructurales deben ser capaces de redistribuir esta carga de manera que no se llegue al colapso estructural. De igual manera se puede clasificar una estructura de manera que esta sea no redundante, medianamente redundante o con alta redundancia. Elementos con pocas pilas intermedias son considerados poco redundantes o con solo dos vigas, por ejemplo.

El criterio de importancia ocupacional es definido en el código AASHTO como el uso que se requiere o se espera del puente después de un evento extremo o el estado límite de resistencia (2014). En el código se menciona que una de las posibles maneras de clasificar la importancia de un puente es que, si necesitamos que el puente sea útil y completamente

usable todo el tiempo, aún bajo la ocurrencia de un evento extremo o que el puente evite el colapso y permita solo el uso para vehículos de emergencia durante la ocurrencia de un evento extremo (AASHTO, 2014). De igual manera se puede clasificar el puente como alta importancia, mediana importancia o baja importancia.

Estos criterios más amplios son utilizados dentro de los estados límites para diseñar de manera adecuada la estructura del puente. Cada uno de estos hace referencia a una conducta que debe poseer el puente el momento de ser diseñado y cada uno de estos criterios debe ser cumplido de la mejor manera posible, de manera que se logre que todos los elementos estructurales del puente cumplan todos los estados límites antes mencionados (AASHTO, 2014).

De manera general, los criterios y estados límites de diseño buscan que la estructura de un puente sea segura para el uso público, duradera, reparable o capaz de recibir mantenimiento, facilidad de construcción, útil y que controle sus deformaciones. Estos parámetros se cumplen de mejor manera cuando se cumple los criterios de ductilidad, redundancia e importancia de manera adecuada.

Cargas de Diseño

Dentro del código AASHTO LRFD para el diseño de puentes se especifican algunas cargas mínimas a ser consideradas por el diseñador el momento de realizar el cálculo estructural de un puente (2014). Dentro de este trabajo de investigación haremos referencia a las pocas cargas de diseño que nos interesan en la investigación.

La primera a mencionar es la carga muerta por peso propio o DC (AASHTO, 2014) la cual es determinada únicamente por todos los elementos que se consideran parte de la estructura del puente. Es decir, esta carga está determinada por la geometría y materiales utilizados en la construcción de un puente. También en esta se deben considerar elementos

adicionales que permanecerán de manera prolongada o permanente en el puente durante su vida útil (AASHTO, 2014).

Otra de las cargas importantes a considerarse es la carpeta asfáltica colocada sobre el puente. La norma MOP-001F-2002 indica que el espesor mínimo ya compactado debe ser de 5 cm (2002). Esta carga es definida en el AASHTO con la terminología DW (2014).

La siguiente de nuestro interés es la carga viva vehicular o LL (AASHTO, 2014). Esta carga hace referencia a vehículos supuestos de uso del puente, normados por el AASHTO (2014). El ancho mínimo de diseño de un carril, si no está especificado, es de 3,60 metros en la práctica. Según el estado límite de diseño, se consideran varios parámetros en el cálculo de la carga viva, por ejemplo, los momentos positivos y negativos máximos de diseño tienen combinaciones y ubicaciones de los vehículos de diseño de una manera diferente. A más de esto se debe considerar otros parámetros, de los cuales nos interesa mencionar el factor de multipresencia de carril. La tabla 1, muestra la tabla 3.6.1.1.2-1 del código AASHTO (2014) para el factor de multipresencia de carriles:

Tabla 1. Factor de Multipresencia de Carril m (AASHTO, 2014).

Number of Loaded Lanes	Multiple Presence Factors, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

Este factor implica que existe una menor posibilidad de que al momento de diseñar, se puede reducir la carga viva multiplicando por un factor m de multipresencia de carril. Esto es debido a que se considera que, al existir mayor número de carriles, es menor la posibilidad de que todos estén cargados con la carga viva vehicular de diseño al mismo tiempo. Este factor fue determinado en base a estudios de TPDA, en los cuales el código AASHTO especifica que de tener un volumen vehicular anual mayor a 100 y menor a 1000 vehículos promedio

por día debe usarse el 95% de la carga de diseño, y en caso de ser menor a 100 vehículos promedio al día debe permitirse una reducción al 90% de la carga vehicular de diseño de igual manera (2014). Estos estudios son determinados estadísticamente para un puente con una vida útil promedio de 75 años (AASHTO, 2014). La ilustración 7 y la ilustración 8 muestran los vehículos de diseño de la norma:

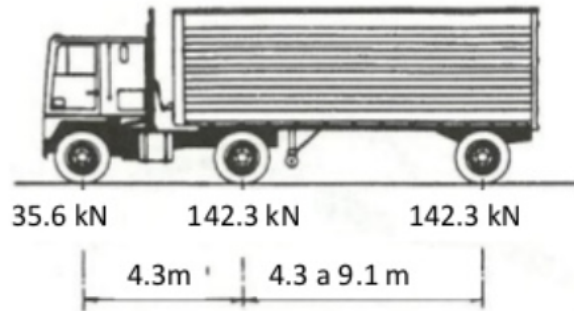


Ilustración 7. Camión de diseño HL93 (AASHTO, 2014).

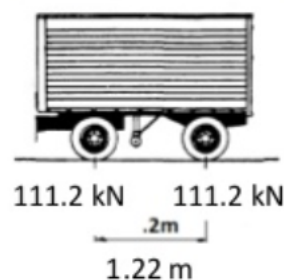


Ilustración 8. Tándem de diseño (AASHTO, 2014)

Sumado a estos dos vehículos de diseño debe incluirse una línea de carga, que simula una línea de carga del camión de diseño. Esta carga es de 0.968 kN/m aplicada en 3 metros de ancho de un carril.

De igual manera se deben considerar algunas amplificaciones de esfuerzos debido a cargas dinámicas dentro del cálculo de la carga viva con el factor de impacto “*IM*” (AASHTO, 2014). Hay que mencionar que este factor no se aplica a la línea de carga por que la línea de carga es considerada una línea de tráfico en la que se considera no existirá impacto

posible. Este factor dinámico es algo que de igual manera se tendrá que considerar el rato de determinar la carga viva de diseño en el presente trabajo. El factor debe ser determinado según lo mencionado en la tabla 3.6.2.1-1 del código AASHTO (2014), la cual se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Factor Permitido de Carga Dinámica (AASHTO, 2014).

Component	IM
Deck Joints—All Limit States	75%
All Other Components:	
• Fatigue and Fracture Limit State	15%
• All Other Limit States	33%

Otra carga que mencionaremos de importancia para nuestro estudio es la carga sísmica. Previamente se mostró los mapas de peligro sísmicos y se realizó el espectro UHS para la provincia de Esmeraldas, ya que la mayoría de los puentes que se recopilaron están diseñados en esa provincia. En la sección 3.10.3 del código AASHTO se menciona que los puentes deben ser capaces de soportar un sismo con 7% de probabilidad de excedencia con un periodo de retorno de 75 años (2014). En el caso de existir mociones sísmicas significativas de igual manera debe referirse al código *AASHTO Guide Specifications for seismic Bridge Design*. La determinación de estos efectos escapa del alcance del trabajo.

Metodología de la investigación

Recolección de datos

Los datos fueron recolectados de manera personal. Existe consentimiento para que esta información sea utilizada como una base de datos para el presente trabajo y para un uso posterior de la estimación de cantidad de materiales en obra con el programa de Artificial Neural Network (ANN). Se procuró conseguir puentes diferentes en las características estructurales como el tipo de sistema estructural del tablero o la longitud de las luces.

Muchos de los puentes recopilados para el trabajo fueron entregados voluntariamente por el Ingeniero Fernando Romo y el Ingeniero Telmo Sánchez, pero el análisis y clasificación de estos puentes no se presenta en este trabajo. Estos puentes serán analizados posteriormente como una continuación de la presente investigación. Únicamente se recopiló información referente a materiales de construcción y no a costos de los proyectos.

De igual manera, varios datos fueron entregados voluntariamente por el Ingeniero Santiago Camino en la ciudad de Quito en Ecuador. El personalmente con su equipo de oficina diseñó todos los puentes expuestos en este trabajo a excepción del puente ubicado en Conocoto sobre el Río San Pedro. Únicamente se recibió los planos estructurales de los puentes, dejando de lado cualquier información del presupuesto de estos. Con esta información obtenida se realizó la clasificación de los puentes en base a las variables planteadas en la siguiente sección. Fue de gran ayuda conseguir los planos estructurales de los puentes para posteriormente trabajar con ellos y calcular las cantidades de cada uno de ellos individualmente, ya que, de esta manera la base de datos puede ser más confiable.

Finalmente, aún no se ha logrado recolectar ningún tipo de información por partes de las instituciones públicas del país. Se espera ampliar la base de datos en un futuro con esta información.

Definición de variables

Dentro de nuestra investigación se han seleccionado algunas variables que se han observado podrían llevar a un mejor resultado el momento de estimar con el programa de ANN. Por el momento se han seleccionado 13 variables, las cuales tienen algunas clasificaciones. Cada una de estas variables fue determinada en base a otros proyectos en los que se ha intentado realizar lo mismo o algo similar. Para que el programa de ANN que se utilizará posteriormente funcione adecuadamente, los datos de inputs deben cumplir los siguientes requisitos:

- Debe existir al menos una variable con valor diferente en toda la base de datos.
- Separar los datos de manera adecuada, no tener dos puntos muy cercanos entre sí o, en otras palabras, generar variabilidad de los datos y ordenarlos de manera cuantificable.
- Si no se puede garantizar las condiciones antes mencionadas, enviar dos bases de datos. Una primera para el diseño general de recolección de datos y la otra para analizar los datos en crudo.
- Se ha acordado que únicamente se publicaran estudios que tengan un error en la estimación menor al 5%.

A continuación, se muestran las variables definidas para el presente trabajo.

1.- Luz Promedio del Puente

En varios estudios que se mencionaron en la revisión de bibliografía se menciona la importancia de incluir la longitud del tablero. Esto en nuestro caso influirá directamente en la cantidad de materiales utilizados en un puente. Podemos afirmar que, a mayor luz, la cantidad de los rubros de materiales también será mayor. En este estudio esta variable tendrá validez si el promedio de todas las luces de un puente, en el caso que hubiese más de una luz, esté entre los 20 y los 300 metros.

2.- Luz Máxima del Puente

La luz máxima del puente involucra el uso de diferentes métodos constructivos (Chen & Duan, 2014). Por lo general los puentes de luces medias serán diseñados y construidos en acero u hormigón pretensado, mientras que puentes con menores luces son por lo general construidos en hormigón reforzado tradicionalmente. Las luces en este trabajo serán medidas desde la mitad del apoyo de neopreno en ambos lados. La luz máxima será medida en metros y al igual que antes y se espera que la misma influencie en el diseño de los elementos estructurales del puente. Por lo que la cantidad de materiales utilizados incrementará o en cantidad de hormigón o en peso de acero utilizado. El rango de esta variable de igual manera está entre los 20 y 300 metros.

3.- Número de luces del Puente

Esta variable es de gran importancia ya que el número de luces está directamente relacionado con el número de apoyos. Esto es debido a que se define como luz a la distancia libre entre apoyos de un elemento estructural (Wight & MacGregor, 2012). Como de igual manera se va a contabilizar el material utilizado en los apoyos y los cimientos, al aumentar el número de apoyos de igual manera aumentará la cantidad de materiales usados. En esta variable la discretización se hará por otorgar el valor de 1, 2, 3 o más de tres luces. Al incrementar el número de luces existen momentos de signo positivo y negativo y se debe diseñar para cada uno de estos.

4.- Sistema Estructural de Soporte

Esta variable es una variable de carácter cualitativo y no cuantitativo como las anteriores. Existen 8 clasificaciones cualitativas que describen el sistema de soporte estructural de los puentes. Las variables serán descritas una por una a continuación.

Pilas Verticales de Concreto

Las pilas verticales de concreto es el sistema de soporte más usado para puentes de varias luces (Xanthakos, 1994), ya que el hormigón trabaja muy bien a compresión y carga axial. Su uso es muy adaptable, es por esta razón que no ha dejado de ser utilizado hasta la actualidad. Se caracteriza por grandes secciones intermedias ubicadas en el medio de dos estribos, por ejemplo. Un mínimo de cuatro varillas de refuerzo longitudinal debe ser utilizado en cualquier tipo de pila (Williams, 1998). Esta variable es de nuestro interés, ya que, si el sistema de soporte es de pilas de hormigón, la cantidad del rubro incrementará. La ilustración 9 muestra un ejemplo de una pila de concreto:



Ilustración 9. Puente con Pilas de Hormigón (Chen & Duan, 2014).

Pilas Verticales de Acero

Las pilas verticales de acero son un poco más recientes que las de concreto. Por lo general son secciones más esbeltas y livianas que las de hormigón (Chen & Duan, 2014). Su uso por lo general se da en puente de grandes luces o en sitios donde la fundición en sitio puede ser complicada. Esta clasificación es relevante en la investigación ya que, al usar pilas de acero, aumentará la cantidad del rubro de acero significativamente.

Marcos de Acero

En el Ecuador por lo general los estribos o marcos son de hormigón armado de alta resistencia ($f'c > 55$ MPa), pero si existe el uso de estos Steel Frames en puentes de luces muy grandes o lugares donde fundir el hormigón en sitio sea muy complicado. Esta clasificación es relevante en la investigación ya que, al usar marcos de acero, aumentará la cantidad del rubro de acero significativamente.

Marcos de Hormigón Armado

Muchos puentes en todo el mundo son soportados por estribos o marcos de hormigón o Concrete Frames (ver ilustración 10) (Chen & Duan, 2014). Independientemente del sistema estructural del tablero, los estribos y marcos de hormigón han mostrado un gran desempeño en cuanto a soporte de la presión del terreno y resistencia a carga axial en puentes (Wight & MacGregor, 2012). De igual manera los marcos de hormigón son considerados sistemas con mayor redundancia al poseer al menos dos columnas de soporte.



Ilustración 10. Marcos de hormigón armado típicos (Chen & Duan, 2014).

Arcos de Acero

Un arco se define como un elemento verticalmente curvo y axialmente comprimido estructuralmente, con una apertura en su estructura que provee soporte para cargas dinámicas

que estén por encima de la apertura (ver ilustración 11) (Chen & Duan, 2014). Al ser una estructura curva, el proceso constructivo de levantamiento y armado es un parámetro de suma importancia. Los arcos estructurales para puentes pueden ser de varios materiales y el acero es uno de ellos. En este caso los arcos de acero son raramente construidos debido a su elevado costo en acero y para la presente investigación, el uso de un arco de acero implicaría una elevada cantidad de acero empleado.



Ilustración 11. Puente de arco de acero (Chen & Duan, 2014).

Arco de Hormigón

Los arcos de hormigón son muchos más comunes que los arcos de acero, debido a que el hormigón tiene un costo menos elevado que el acero y su comportamiento cuando está sometido a compresión es muy bueno. Sin embargo, el elevado peso propio vuelve el proceso constructivo de un arco de hormigón un proceso más delicado (Chen & Duan, 2014). El problema recae en que por lo general los arcos tienen un comportamiento mientras están siendo construidos y otro diferente cuando ya están terminados. El arco terminado tiene un gran comportamiento a compresión, pero mientras esté en su proceso constructivo se comporta casi como un volado, el cual tiene un gran peso propio en el caso de este ser de hormigón (Chen & Duan, 2014). En el caso de la presente investigación, esta variable nos

indicará de igual manera que en las pilas de hormigón, un incremento significativo de este rubro con respecto a la cantidad del rubro del acero. La ilustración 12 muestra un ejemplo de un puente en arco de hormigón:



Ilustración 12. Puente de arco de hormigón (Chen & Duan, 2014).

Soportes Atirantados.

El uso de cable de acero de alta resistencia ha demostrado ser uno de los métodos estructurales más efectivos y por lo general es usado en luces que superen los 250 metros de longitud (Chen & Duan, 2014). El primer caso donde se empleó exitosamente el uso de cables estructurales como soporte de un puente fue en 1955 en Suecia (Chen & Duan, 2014), desde entonces los cables estructurales como soporte se han vuelto una alternativa muy prometedora para puentes de luces cercanas a los 50 metros o para puentes con mayores luces. La ilustración 13 detalla el funcionamiento general de los puentes con cables estructurales o atirantados:

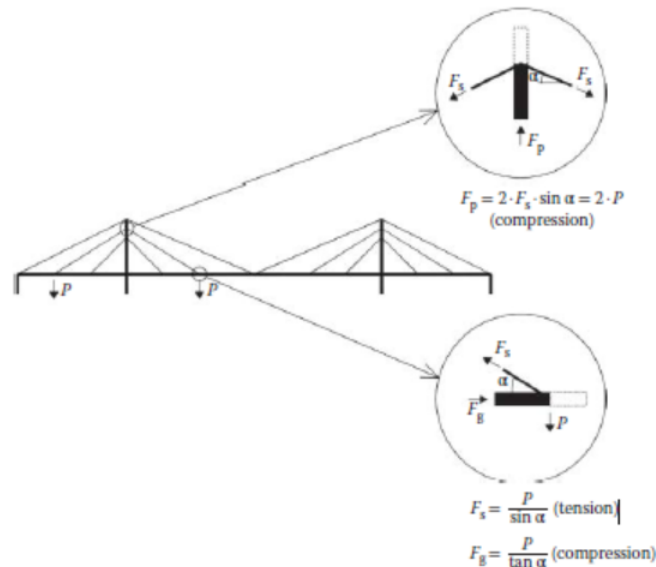


Ilustración 13. Transferencia Básica de Carga en un Sistema de Cable Estructural (Chen & Duan, 2014).

Las cargas de compresión pasan a otros elementos estructurales como pueden ser las pilas o vigas, mientras que las cargas de tensión permanecen en el cable. Esto es muy beneficioso si consideramos que las pilas sean de hormigón y el cable de acero de alta resistencia. A parte de esto existen de igual manera unos rigidizadores en las vigas que ayudan a evitar fallas en las mismas por la compresión sometida. En el caso de esta investigación, el uso de un sistema estructural de cables implicaría directamente rubros más elevados tanto en acero como en hormigones de alta resistencia.

Suspensión Estructural

Los puentes suspendidos, al contrario de lo que normalmente se cree, tienen su origen hace aproximadamente 2000 años atrás (Chen & Duan, 2014). En China hay registro de construcción de los primeros puentes suspendidos por cadenas, pero su funcionamiento sigue siendo el mismo que hoy en día. Se considera que el puente de Brooklyn (1869) es el primer puente suspendido de la actualidad y el puente suspendido más famoso él es Golden Gate cuya construcción finalizó en 1937 en San Francisco (Chen & Duan, 2014). Los puentes

suspendidos consisten básicamente en soportar sus cargas casi por completo en los cables de alta resistencia que usa. Se han conseguido cubrir increíbles luces con los puentes de suspensión, inclusive superiores a los 1000 metros. La ilustración 14 muestra una explicación generalizada del funcionamiento de los puentes suspendidos:

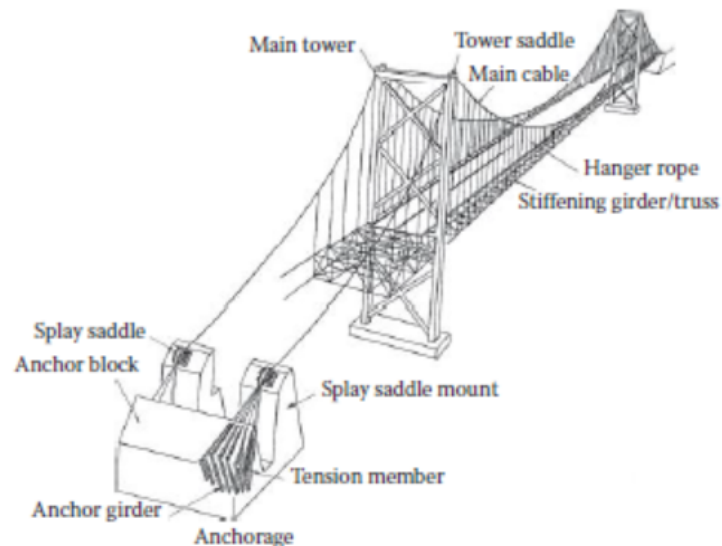


Ilustración 14. Componentes de un puente suspendido (Chen & Duan, 2014).

En estos puentes se debe diseñar de manera muy cautelosa las torres que soportan los cables estructurales, los cables en sí y el cimiento al que llegan los cables tensionados. En la presente investigación, el uso de esta metodología implicaría un uso elevado tanto del rubro de acero, como del rubro de hormigón.

5.- Sistema Estructural Longitudinal

Si bien en la sección anterior se habló de sistemas estructurales de soporte o subestructura del puente, se debe realizar la clasificación del sistema estructural longitudinal del puente. Esta clasificación es necesaria dentro de esta investigación debido a que la cantidad de acero y hormigón utilizada será casi directamente proporcional al sistema estructural longitudinal de un puente. Existen varias clasificaciones dentro de esta variable, las cuales se detallan a continuación.

Vigas de Acero o Compuestos Acero-Hormigón

Este sistema estructural es el sistema estructural más utilizado para puentes de medianas y cortas luces (Chen & Duan, 2014). Las secciones tipo “I” han demostrado ser las secciones más simples de fabricar y a su vez más eficientes en el proceso de diseño de un puente. Por lo general las vigas de acero de perfiles tipo “I” son instalados con otro tipo de perfiles que ayudan a arriostrar y rigidizar las secciones de fenómenos de fallas locales en los elementos (Chen & Duan, 2014). De igual manera se proveen conexiones capaces de transmitir esfuerzos de corte y por lo general soportan una losa de hormigón armado (Chen & Duan, 2014). En la presente investigación, esta clasificación estructural es de gran importancia debido a que esta variable aumentará directamente la cantidad del rubro de acero utilizado en la construcción del puente. La ilustración 15 indica los elementos más comunes de un puente de vigas de acero de perfiles tipo “I”:

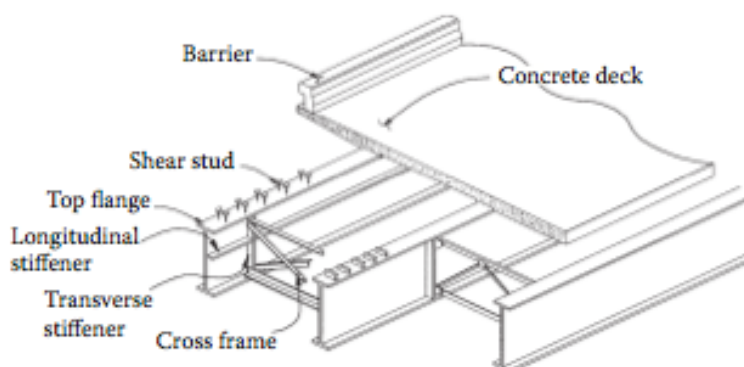


Ilustración 15. Componentes Típicos de Viga con Perfil Tipo "I" (Chen & Duan, 2014).

Tableros de Celosía de Acero

Estas estructuras eran muy utilizadas en los años entre 1800 y 1900 (Chen & Duan, 2014). Los tipos de celosías más conocidas son la Warren y la tipo “K”, las cuales fueron y siguen siendo usadas en proyectos de construcción de varios puentes. En la actualidad las celosías son utilizadas en sitios donde se necesita la construcción provisional de un puente o

en sitios donde se dificulte algún otro tipo de construcción. Las celosías están compuestas de varios elementos y por lo general buscan resistir cargas de viento y gravitacionales. Las celosías se caracterizan por tener conexiones empernadas con lo que no transmiten momento (al asumir que no existe fricción entre el perno y los perfiles) e únicamente transmiten cargas axiales (Chen & Duan, 2014). La importancia de esta clasificación se debe al incremento de la cantidad del rubro de acero estructural mientras que, por otro lado, muchas veces la cantidad del rubro del hormigón puede ser casi igual a cero en puentes de celosía de acero (dependiendo del tipo de tablero utilizado). La ilustración 16 muestra los elementos más comunes de un puente de celosía de acero:

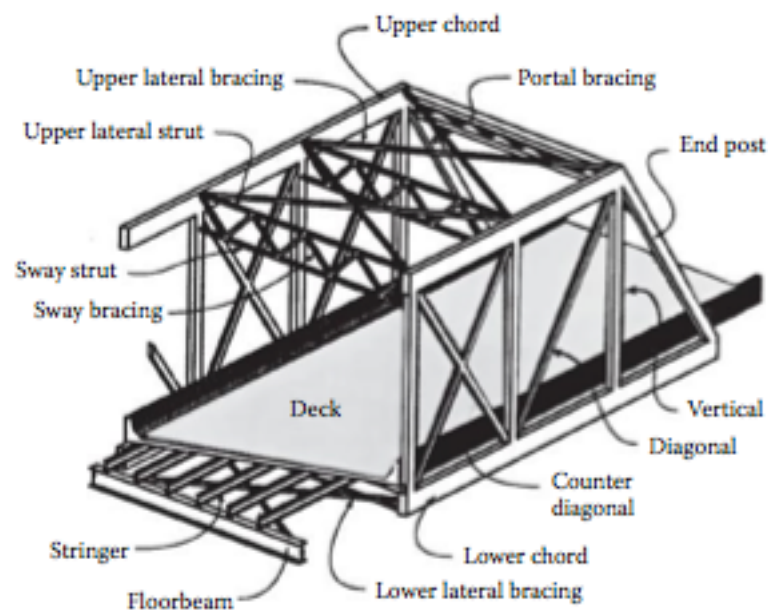


Ilustración 16. Componentes Típicos de un Puente de Celosía de Acero (Chen & Duan, 2014).

Vigas Tipo Cajón de Acero u Hormigón-Acero.

Las vigas estructurales tipo cajón o “box girders”, son elementos estructurales que poseen una gran capacidad de resistencia de efectos de momentos torsionales (Chen & Duan, 2014). Es por esta razón que su uso es bastante amplio en puentes curvos en planta. Debido a los momentos torsionales que existen en el diseño de un puente curvado en planta, se debe

proveer suficiente rigidez a momentos torsionales en los elementos estructurales, esto normalmente es logrado con arriostramientos especiales en las vigas estructurales o con sistemas estructurales “cerrados” como son las vigas tipo cajón. Otra ventaja de este tipo de vigas es la facilidad de adaptarse a condiciones de diseño dimensionales. El número de tabiques dentro de un solo cajón o el uso de varios cajones consecutivos, convierten a los puentes con vigas tipo cajón en uno de los tipos de diseño más versátiles. Este tipo de vigas estructurales, pueden ser construidas en acero (con arriostramiento lateral) u hormigón. Dependiendo del material de construcción, nuestro rubro de hormigón o de acero puede verse drásticamente elevado. La ilustración 17 muestra una figura de un puente tipo cajón típico:

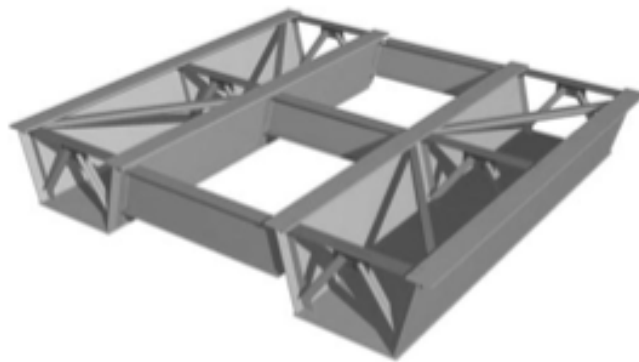


Ilustración 17. Vigas Tipo Cajón de Acero (Chen & Duan, 2014).

Vigas Estructurales Tipo Cajón de Hormigón.

Las vigas estructurales de tipo cajón construidas en hormigón, por lo general son utilizadas en puente muy pequeños (dirección de la viga transversal al tráfico de circulación) o en puente de luces muy exigentes (dirección de las vigas paralelas a la dirección del tráfico). En puentes de grandes luces las vigas tipo cajón son una solución muy prometedora cuando se usa en conjunto con hormigones pretensados (Lantsoght, van der Veen, de Boer, & van der Ham, 2018). En cuanto al uso de los cajones en puentes de luces cortas, son una gran alternativa para conserva elementos geográficos como el paso de estero o un cause fluvial. A diferencia de los elementos box construidos en acero, los elementos utilizados en hormigón

pretensado poseen secciones con mayor resistencia torsional, por lo que muchas veces son utilizadas en puentes de grandes luces (Chen & Duan, 2014). En la presente investigación, el uso de vigas tipo cajón de hormigón pretensado o tradicional aumentará la cantidad del rubro del hormigón muy por encima de la cantidad del rubro del acero. La ilustración 18 muestra una imagen de un puente típico de vigas tipo cajón en hormigón pretensado:

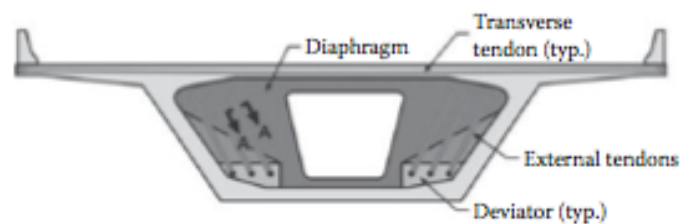


Ilustración 18. Puente Típico de Vigas Tipo Cajón o Box Girders en Hormigón Pretensado (Chen & Duan, 2014).

Vigas Estructurales de Hormigón Tipo “I”

Las vigas de sección tipo “I”, también pueden ser construidas en hormigón, sea pretensado o reforzado. Por lo general se usan vigas prefabricadas, las cuales son trasladadas al sitio de construcción y posteriormente instaladas. La gran ventaja que muestra este sistema estructural longitudinal frente a los demás, recae en la rapidez de fabricación y facilidad de uso que posee. El comportamiento de las secciones tipo “I” es muy comprendido en la ingeniería y las secciones de Hormigón tipo “I” por lo general reducen mucho el uso arriostamiento lateral necesario (Chen & Duan, 2014). Por lo general las vigas de hormigón prefabricado cubren de manera muy eficiente y segura luces entre 15 y 40 metros comúnmente (Chen & Duan, 2014). Esta variable es de gran importancia debido a que de igual manera puede llegar a aumentar de manera significativa la cantidad de hormigón utilizado. La ilustración 19 muestra una imagen de una viga típica de hormigón prefabricado:



Ilustración 19. Viga Prefabricada Tipo "I" (Chen & Duan, 2014).

6.- Tipo de Material Utilizado en el Tablero

El tipo de material utilizado en el tablero es de suma importancia el momento de determinar las cantidades de materiales utilizados, ya que, si el tablero es realizado como una losa de hormigón tradicional o pretensado la cantidad de hormigón aumentará con relación a la cantidad acero y viceversa. Dentro de esta variable existen tres tipos de tableros que se han considerado los cuales serán detallados a continuación.

Tablero Ortotrópico de Acero

Los sistemas de tableros de acero Ortotrópico fueron patentados en 1948 por ingenieros alemanes (Chen & Duan, 2014). Crearon la palabra Ortotrópico porque este sistema tiene características de funcionamiento de características que muestran anisotropía y ortogonalidad. Este tipo de tablero es utilizado cuando la carga estructural de diseño se quiere reducir o cuando por alguna razón se necesita tableros de un espesor más delgado (Chen & Duan, 2014). Estos sistemas de tablero estructurales son muy utilizados en lugares donde la sismicidad es elevada o en lugar de climas muy fríos, ya que presentan propiedades más ventajosas que las losas de hormigón. Estas ventajas recaen básicamente en disminución de peso propio y evasión del proceso de retracción de fraguado. Al reducir el peso propio, los tableros de acero Ortotrópico son de gran utilidad el momento de crear construcciones contemporáneas. Para fácil compresión y ya que el funcionamiento del sistema a mayor

detalle está fuera del alcance de la investigación, podemos resumir que su funcionamiento es similar al de un “Steel deck” usado en la construcción de edificaciones. Esta variable es relevante en la investigación debido a que en base a esta la cantidad del rubro de acero puede aumentar con relación a si se utilizara un sistema de losa de hormigón. La ilustración 20 muestra los elementos fundamentales de un sistema de tablero de acero Ortotrópico:

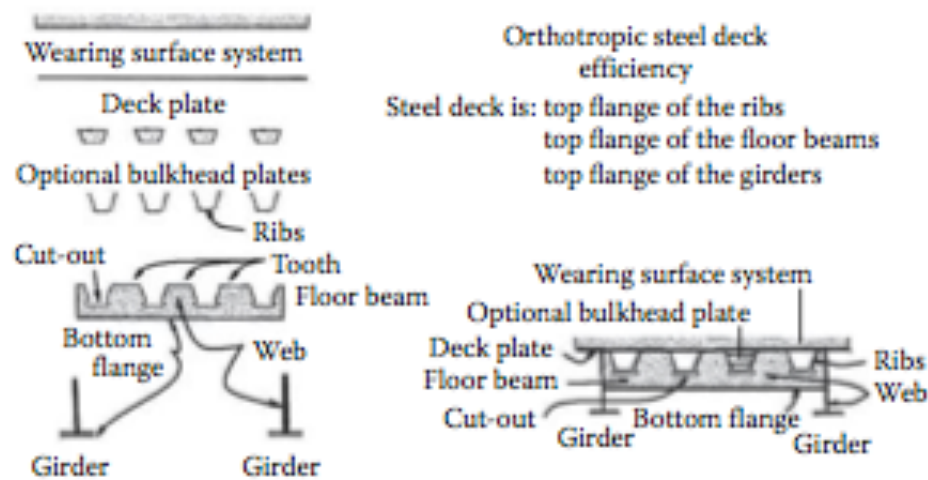


Ilustración 20. Elementos Típicos de un Tablero de Acero Ortotrópico (Chen & Duan, 2014).

Tablero de Losa de Hormigón

Los tableros de hormigón, al igual que las vigas de hormigón, pueden ser fabricados en sitio o prefabricados. La principal función de los tableros de hormigón es de transmitir la carga viva a los demás elementos estructurales. En la actualidad el sistema de tablero más utilizado es el de tableros de hormigón fabricados en sitio (Chen & Duan, 2014). Por lo general los tableros de hormigón están expuestos a fenómenos como la corrosión o la abrasión, al igual que fuertes cambios de temperatura y otros fenómenos (Chen & Duan, 2014). Es por esta razón que por lo general los parámetros de diseño de un tablero de hormigón fundido en sitio o prefabricado, son factores diferentes que los de resistencia. La resistencia de los tableros varía entre 28 y 41 MPa. Con un espesor mínimo de 17.78

centímetros, los tableros de losas representan un aumento significativo en la cantidad del rubro de hormigón. La ilustración 21 y la ilustración 22 muestra imágenes de algunos tableros de losas de hormigón:



Ilustración 21. Tablero de Losa de Hormigón Prefabricado (Chen & Duan, 2014).



Ilustración 22. Tablero de Losa Fabricado en Sitio (Chen & Duan, 2014).

Tablero Compuestos de Acero y Hormigón

En la actualidad los tableros usados de acero y hormigón son muy escasos y por lo general se utilizan con hormigón fundido en el sitio de obra. Su uso es escaso y no existe mucha referencia al respecto sobre los mismos. En la presente investigación se considera la clasificación por si existiese algún tablero fabricado con ambos materiales, pero no se

encontró ningún caso de aplicación de esta clasificación. Si existiese la necesidad de ampliar más en el uso de este tablero, de seguro afectaría la cantidad de material de ambos rubros, tanto de acero como de hormigón.

7.- Tipo de Tráfico de Diseño

En el diseño de puente podemos tener varios casos de carga viva de diseño. A más de las cargas mostradas en este trabajo anteriormente, existen cargas de condiciones especiales que considera el código AASHTO (2014). Pero inclusive estas cargas se encuentran ubicadas dentro de dos grandes clasificaciones generales de tráfico de circulación sobre el puente.

Estas dos variables son tráfico de carretera o tráfico de riel de tren. En esta investigación es de importancia hacer esta clasificación ya que, dependiendo del tráfico de circulación para el cual fue diseñado el puente, este puede tener algunos elementos estructurales extras. A continuación, se define los dos tipos de carga de tráfico de diseño de los puentes.

Tráfico de Carretera (Road)

El tráfico de carretera es la carga más utilizada en el diseño de puentes. Existen varios códigos de diseño de tráfico de carretera como Eurocode o el AASHTO, que hemos mencionado en el presente trabajo. El código Eurocode por lo general implica el diseño de cargas vehiculares con cargas más pesadas, en comparación con el código AASHTO (O'Brien, Keogh, & O'Connor, 2015). Pero de manera general ambos códigos hacen referencia a un tráfico de vehículos de un determinado peso, que producen unos determinados estados de carga con sus respectivos estados límites de servicio. Los vehículos utilizados en el diseño de carga viva por los códigos hacen referencia a vehículos individuales o líneas de carga que representan una fila consecutiva de vehículos de diseño. Este tipo de carga de tráfico o cargas de diseño para uso del puente, conllevan un diseño por lo general convencional en relación con el diseño de un puente para tráfico de trenes. Es por esta razón que esta variable es de gran importancia en la investigación, ya que un diseño convencional

por lo general implica menos elementos estructurales, lo cual reducirá la cantidad de materiales usados en la construcción de un puente. La ilustración 23 hace referencia al modelo de carga utilizado en el *Eurocode* y consiste en la aplicación de cargas en diferentes carriles, puntuales de un tándem y distribuida de $9 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m}$ de ancho del carril de diseño. La ilustración 24 hace referencia a la carga de diseño estipulada en el segundo capítulo del código AASHTO (2014), en el cual se menciona su aplicación para el diseño de diferentes esfuerzos.

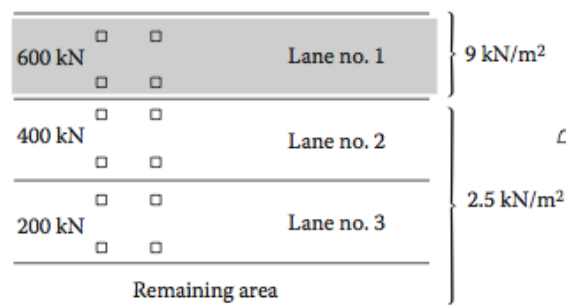


Ilustración 23. Modelo de Carga de Tráfico Vehicular Eurocode (O'Brien et al., 2015).

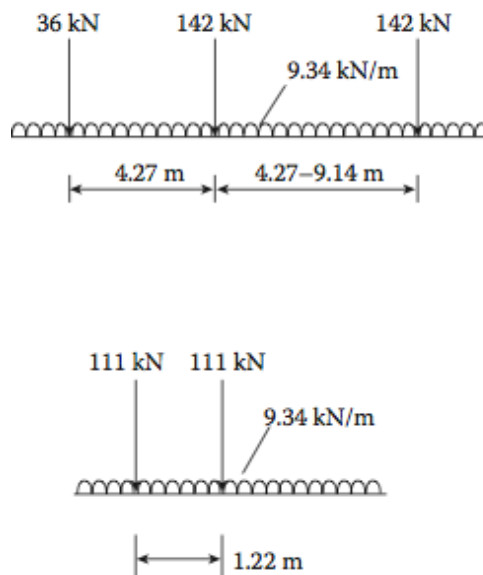


Ilustración 24. Modelo de Carga de Tráfico Vehicular AASHTO-Sistema Internacional (O'Brien et al., 2015).

Tráfico de Trenes (Rail)

El diseño de la carga viva vehicular para puente que están sometidos a carga de trenes son diferentes a la vehicular convencional. Por lo general son cargas de diseño menos fluctuantes, es decir, son más predecibles hasta cierto punto (O'Brien et al., 2015). Esto es porque las cargas de un tren se puede conocer exactamente su forma de circulación y que la trayectoria de un tren es a una cierta velocidad que se puede llegar a considerar inclusive de manera constante por su riel (O'Brien et al., 2015). En el Eurocode esta carga viene dada por un tren simulado de cuatro cargas puntuales que tiene una magnitud de 250 kN, espaciadas cada 1,6 metros entre ellas. A esto se le suma una carga distribuida antes y después del tren de diseño, de magnitud 80 kN/m (O'Brien et al., 2015).

En el caso del diseño según el código de Estados Unidos (American Railway Engineering and Maintenance of Way Association o AREMA) puede variar de un estado a otro. El más utilizado para diseño de tráfico de trenes es el modelo Cooper E80, el cual tiene una carga de 5053 kN distribuida en 33 metros de longitud (O'Brien et al., 2015). Por lo general se considera una distribución 55% a 45% entre ambos riales de circulación del tren (O'Brien et al., 2015). Esta variable es de importancia en el trabajo de investigación, ya que el diseño para tráfico de trenes puede por lo general requerir de otros elementos estructurales en el puente que se va a diseñar, de manera que la cantidad de los rubros como el acero y el hormigón tendrán una tendencia creciente. La deformación permitida en el tráfico de trenes se encuentra muy por debajo de las deformaciones permitidas para el diseño de tráfico vehicular.

8.- Código y Parámetros de Diseño

Existen diferentes códigos de diseño de puentes en el mundo. Los más conocidos son los de estándar estadounidense y los códigos de diseño de los países europeos. Como se mencionó en la anterior sección, ambos códigos pueden variar en las cargas de diseño y las

combinaciones de cargas al igual que en los modelos requeridos de diseño. A continuación, se realizará una breve descripción de ambos códigos. Esta variable tiene una gran importancia ya que habrá cambio en el diseño de las secciones, gracias a su diferente demanda. Esto involucra un cambio directamente en la cantidad de materiales utilizados.

Eurocode o similares

El Eurocode es un código de diseño utilizado en la mayor parte de Europa (O'Brien et al., 2015). Este código difiere en varios parámetros del código AASHTO utilizado en la mayor parte del continente americano. Algunas combinaciones de carga varían de un código al otro y estos cambios generaran una demanda diferente. Uno de los cambios que podemos mencionar de manera abreviada es la abreviación de algunos factores en el cálculo de la carga viva de diseño. El Eurocode por lo general carga más de una línea de tráfico en varios parámetros de diseño y las cargas son mayores a su vez. De igual manera el Eurocode no utiliza factores de reducción como el factor del multipresencia de carriles "m" que utiliza el código AASHTO (O'Brien et al., 2015). De la misma manera los factores de impacto y otros varían el momento de calcular la carga viva de diseño. Todos estos cambios conllevan a un aumento o reducción, en algunos casos, de las secciones de los puentes, lo que en otras palabras significa una reducción o aumento de materiales directamente.

Estándares Estadounidenses o similares

Los estándares más utilizados en el diseño estadounidense y adoptados en varios países americanos son los códigos AASHTO. En el caso de Ecuador, todos los puentes deben ser realizados de acuerdo con los códigos estadounidenses del AASHTO (NEC, 2015). El diseño bajo estos parámetros varía de los códigos europeos y por lo tanto las secciones serán de igual manera diferentes. Esto es de importancia por las dimensiones de las secciones y la cantidad de material usado en ellas.

Otros Estándares de Diseño

En la presente investigación de igual manera se considera si existiese algún otro tipo de código de diseño de puentes. De igual manera haciendo referencia al impacto que los diferentes códigos de diseño tienen sobre las secciones definitivas de la estructura y la cantidad de material usado en estas.

9.- Número de Líneas de Tráfico

Esta variable hace referencia al número de carriles de tráfico que tienen los puentes que se clasificarán. El número de carriles de un puente y el número de elementos estructurales es proporcional en casi todas las ocasiones. En esta investigación, el número de carriles estará directamente relacionado con las cantidades de materiales utilizados. Esta variable ha sido delimitada a un mínimo de un carril en ambos sentidos y un máximo de 8 carriles de ambos sentidos. Puentes que cuenten con mayor número de carriles no son muy comunes en construcción o implican sistemas constructivos de mayor complejidad.

10.- Cálculo de Carga Viva

En esta sección se mostrará cómo se realizó el cálculo de la carga viva. De acuerdo con nuestra clasificación, la carga viva debe ser calculada por carril y a la vez por metro lineal longitudinal. Primero realizaremos las conversiones necesarias para realizar los cálculos, dando como resultado los siguientes valores:

$$32 \text{ kip} = 145 \text{ kN}$$

$$25 \text{ kip} = 110 \text{ kN}$$

$$0.64 \text{ klf} = 9,3 \text{ kN/m}$$

Con estos valores podemos realizar las diferentes combinaciones de carga mencionadas en el código, la cual indica que se debe utilizar la combinación que produzca el mayor esfuerzo en la estructura (AASHTO, 2014). Las combinaciones propuestas son el camión HL93 más la línea de carga o el Tándem HL93 de diseño más la línea de carga, en un carril

del ancho especificado mínimo (3,60 m). La ilustración 25 muestra la forma en la que se calculó la carga viva de diseño:

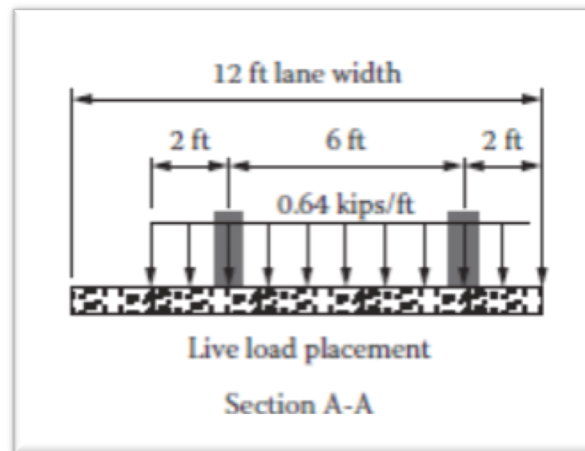


Ilustración 25. Ubicación de carga viva en sección transversal (Kim, 2013).

Con lo que podemos concluir que la carga viva por carril, por metro lineal se puede calcular de la siguiente ecuación:

$$CV = \left(\frac{(W_a * N * LL)}{W_t} + \frac{(IM * N * (TR \text{ ó } TD))}{W_t} \right) * m$$

En donde:

CV – Carga Viva vehicular por metro lineal longitudinal por carril.

W_a – El ancho efectivo donde se aplicará la línea de carga.

N – Numero total de carriles del puente en ambos sentidos.

LL – Carga Viva vehicular que representa la línea de carga del AASHTO, 2014.

W_t – El ancho total efectivo de posible circulación vehicular.

IM – Factor de impacto para Carga Viva vehicular del AASHTO, 2014.

TR – Carga Viva vehicular que representa el camion HL93 del AASHTO, 2014.

TD – Carga Viva vehicular que representa el tándem HL93 del AASHTO, 2014.

m – Factor de multipresencia de carril del AASHTO, 2014.

Si calculamos la carga viva de diseño que generaliza los resultados presentados en esta investigación, obtendríamos lo siguiente:

$$CV = \left(\frac{(3(m) * 2 * 9.30 (kN/m))}{7.20(m)} + \frac{(1.33 * 2 * 145(kN))}{7.20(m)} \right) * 1$$

$$CV = 61.32 \text{ kN/m}$$

Este resultado es considerando un puente con 1 carril de circulación en cada sentido, cuyos anchos son de 3.60 metro, los mínimos especificados por el AASHTO (2014). Esto calculando un ancho total de circulación de 7.20 metros y un factor de multipresencia de carril de 1 como lo indica el AASHTO para puentes con dos carriles (2014). El ancho de aplicación de la línea de carga en sentido transversal es de 3.00 metros (Kim, 2013). De igual manera se coloca un factor de impacto de 1 más el 33%, como lo indica el código para el diseño generalizado para casi cualquier estado límite y para cualquier componente del puente a excepción de las juntas del tablero. Considerando la carga del camión HL93 de diseño (145 kN), se obtiene que la carga de diseño del puente es de 61.32 kN/m. De igual manera, se calculó bajo las mismas condiciones y para el mismo puente, la carga viva para la combinación con el tándem HL93 de diseño del código con lo cual se obtuvo:

$$CV = \left(\frac{(3(m) * 2 * 9.30 (kN/m))}{7.20(m)} + \frac{(1.33 * 2 * 110(kN))}{7.20(m)} \right) * 1$$

$$CV = 48.39 \text{ kN/m}$$

Con esto podemos concluir que la carga más crítica para el diseño de este puente es la combinación de carga para el camión HL93 de diseño más la línea de carga. De igual manera podemos observar que si no cambiamos el número de carriles, ni cambiamos el ancho de los carriles, el resultado será siempre igual.

11.- Cargas Significativas de Diseño

Las cargas significativas de diseño hacen referencia a condiciones específicas a considerar en el diseño de los puentes, de acuerdo con su ubicación geográfica. Estas cargas se han dividido en tres subsecciones las cuales implicarán un aumento en la cantidad de material usado en la construcción de un puente.

Carga Vehicular Especial

Esta carga hace referencia a los vehículos especiales especificados en el código AASHTO (2014). Existen camiones cuyo peso, implica un diseño específico y que debe ser considerada dentro del diseño. Por lo general estos vehículos implican el diseño de elementos estructurales con mayor capacidad a carga. Estos puentes por lo general son diseñados lugares cercanos a puertos o autopistas de alta capacidad de tránsito. En el caso de Ecuador este no es el parámetro de diseño crítico.

Carga Vehicular Más Fuerzas de Viento Significativas

En muchos sitios abiertos al viento, la carga lateral que el viento impone se puede volver un parámetro crítico de diseño para el puente. La aplicación de la carga de viento se define en el AASHHTO en la sección 3.8 (2014) como una carga lateral de presión que se debe aplicar en toda el área que recibe la fuerza. Se puede dejar por fuera áreas en las que el viento no genere una carga significativa. De igual manera se considera que la velocidad del viento en puente que están sobre los 9.14 metros de altura, la velocidad base del viento debe ser 160 km/h. El cálculo de la velocidad de diseño del puente varía en base a muchos factores, lo cual depende del sitio altitud y ubicación del puente. En el caso de ser un puente expuesto a carga significativas de viento o fuerza sísmica, estas deben ser consideradas apropiadamente en el diseño y proveer sección con suficiente ductilidad y rigidez para mantener criterios máximos de desplazamientos.

Carga Vehicular más Fuerzas Sísmicas Significativas

En general, el Ecuador es considerado un país de alta actividad sísmica. En el segundo capítulo del presente trabajo se hizo referencia a las aceleraciones que pueden darse según las curvas de peligro sísmico de las regiones de la costa.

12.- Tipo de Apoyo de Vigas

De igual manera se clasificarán los puentes dependiendo de la continuidad de sus vigas. Los puentes con apoyo intermedios, que poseen una sola viga continua por lo general requieren mayor refuerzo a flexión o vigas de mayor sección (en el caso de elementos estructurales de acero), para cubrir los momentos negativos a más de los momentos positivos ya existentes. A continuación, se observa un breve resumen de las clasificaciones aquí consideradas.

Vigas no Continuas Simplemente Apoyadas

Dentro de esta sección podemos clasificar en puente de una sola viga simplemente apoyada o puentes de varias luces con varias vigas simplemente apoyadas. En ambos casos solo existen momentos positivos en diseño y son mayormente utilizadas en puente de luces relativamente cortas (O'Brien et al., 2015). En el caso de tener una luz muy larga, es preferible construir un puente de varias luces simplemente apoyadas. En ambos casos debe realizarse un correcto diseño de las conexiones entre vigas en un apoyo intermedio o al final del puente (O'Brien et al., 2015). Las ilustraciones 26 a la 29 que se muestran a continuación explican la diferencia entre ambos sistemas.

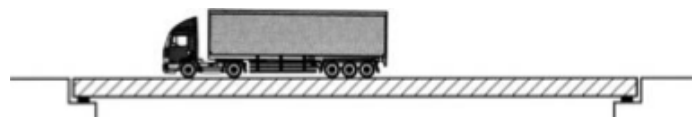


Ilustración 26. Puente de Una Luz Simplemente Apoyado (O'Brien et al., 2015).

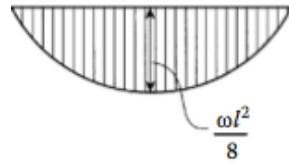


Ilustración 27. Momento Máximo de un Puente de una Luz Simplemente Apoyado (O'Brien et al., 2015).

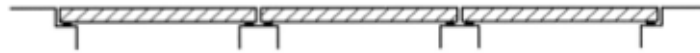


Ilustración 28. Puente de Varias Luces Simplemente Apoyadas (O'Brien et al., 2015).

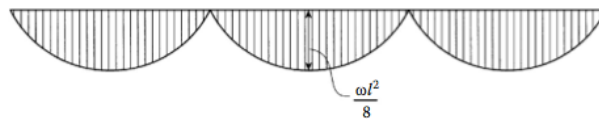


Ilustración 29. Momentos Máximos en un Puente de Varias Luces Simplemente Apoyadas (O'Brien et al., 2015).

Vigas Continuas Simplemente Apoyadas

Este sistema de vigas consiste en una sola viga apoyada en varios soportes. Con esto se generan momentos negativos que las secciones deben soportar a flexión, por lo que ya no requieren de refuerzo a flexión en una sola cara de la viga, sino en ambas (Wight & MacGregor, 2012). Se evitan juntas que existen en puentes simplemente apoyados, pero conforme la luz del puente aumenta, las demandas por momentos negativos se vuelven críticas y la cantidad de hormigón utilizada se vuelve excesiva (O'Brien et al., 2015).



Ilustración 30. Puente de una Sola Vigas Continua con Varios (O'Brien et al., 2015).

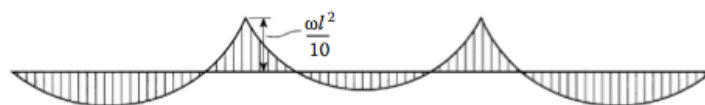


Ilustración 31. Momentos de un Puente de Viga Continua con Varios Soportes (O'Brien et al., 2015).

13.- Alguna Otro Caso de Complejidad

Esta variable es para diferenciar si existe algún otro tipo de sección especial o algún tipo de demanda especial estructural, fuera del diseño tradicional mencionado. Esta variable se divide en tres diferentes, la cuales se definen a continuación.

Puente Curvo en Planta

Esto implica cualquier tipo de puente curvado en planta. Hay que mencionar que cuando nos referimos a esta variable o hacemos referencia al esviaje del puente, si no a la geometría curva de sus elementos estructurales. Estas geometrías en planta implican esfuerzos de torsión en los elementos estructurales (Chen & Duan, 2014) lo cual por lo general implica un mayor arriostramiento lateral o elementos estructurales de mayor capacidad. Esto implica un aumento en la cantidad de materiales de igual manera. La ilustración 32 presenta una imagen típica de un puente con geometría curva en planta.



Ilustración 32. Puente de Geometría Curva en Planta (Chen & Duan, 2014).

Puente con Pilas de Gran Dimensión

Esta variable no es muy común encontrarla, ya que se va a considerar como puente de pilas extremadamente altas únicamente a los puentes que posean pilas tan altas, que estas

pilas sean al menos igual o mayor a la luz máxima que cubre el puente. Esto aumentaría la cantidad de materiales de una manera muy significativa, pero es muy raro de ver un caso como el mencionado.

Ninguna

Esta variable hace referencia a finalizar la clasificación del puente, sin ninguna otra variable de complejidad que este pueda implicar. Con esto la cantidad de material puede ser únicamente relacionada a las otras variables y no hace relación a las dos últimas clasificaciones aquí mencionadas.

Clasificación de puentes

1.- Puente Río San Pedro

Este puente está ubicado en la ciudad de Quito en Ecuador. La longitud total del tablero es de 25 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.30 metros cada uno. Debido a que no hay información acerca del ancho de un soporte de neopreno u otro soporte, se asume que el ancho del soporte es igual al ancho del apoyo en el estribo. Sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 24.70 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 24.70 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 4.71 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 9.42 metros.

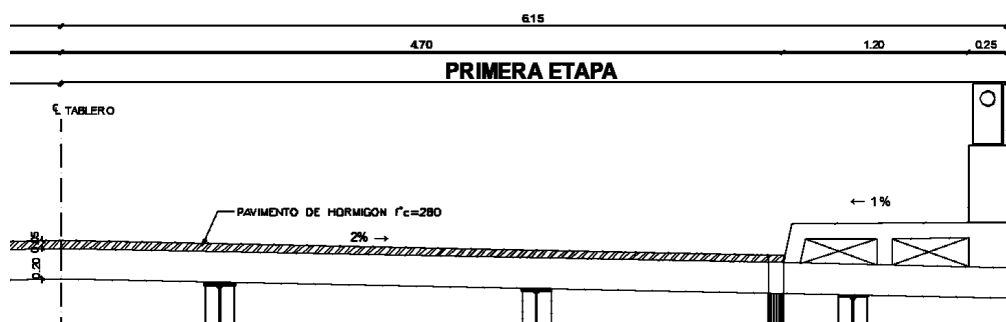


Ilustración 33. Sección Transversal Río San Pedro

La carga viva vehicular de diseño es de 46.87 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

2.- Puente Río Conejo

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 65 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.50 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 64.50 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 64.50 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

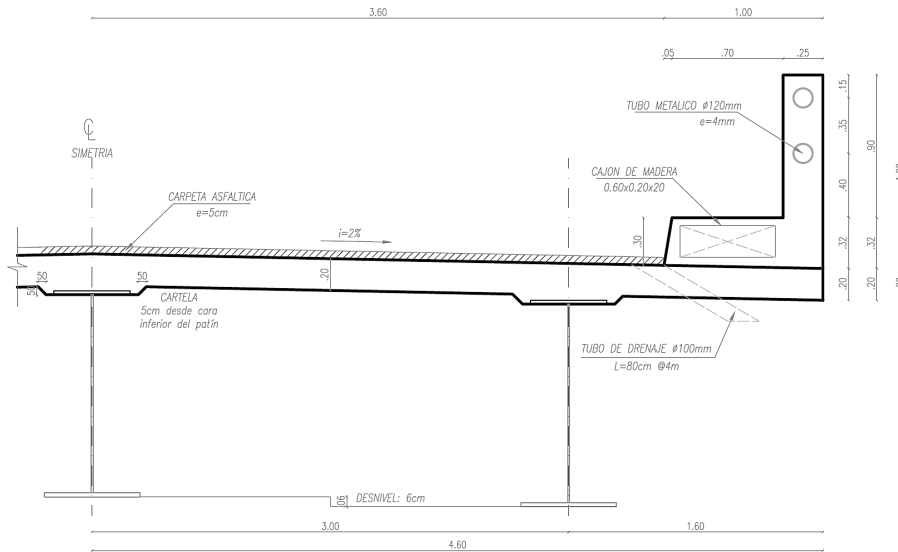


Ilustración 34. Sección Transversal Río Conejo

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

3.- Puente Río Quinindé

Este puente está ubicado en la ciudad de Quinindé en Ecuador. La longitud total del tablero es de 112 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.60 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 111.40 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 111.40 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de arco de acero. La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el

cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

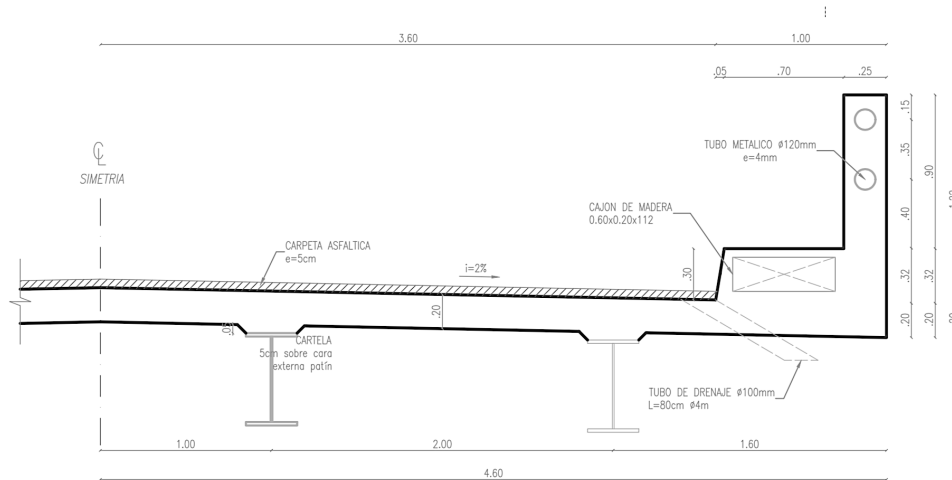


Ilustración 35. Sección Transversal Río Quinindé

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

4.- Puente Río Vinsade

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 30 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.31 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 29.69 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 29.69 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

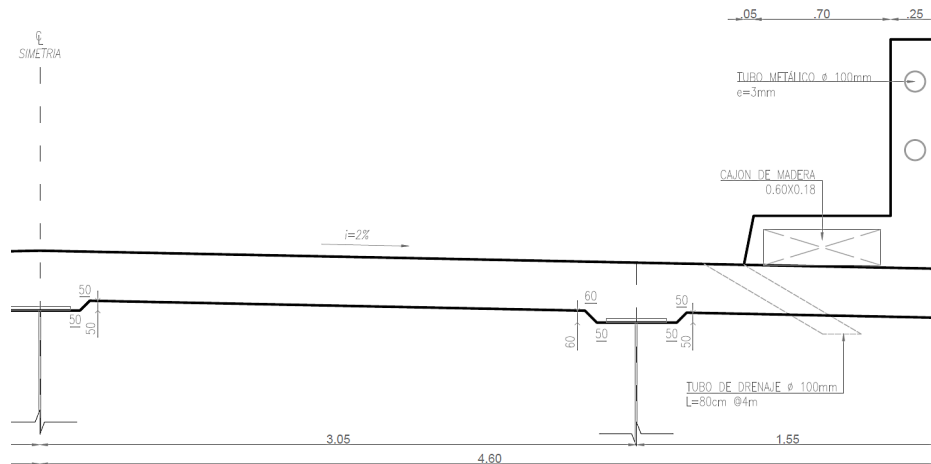


Ilustración 36. Sección Transversal Río Vinsade

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

5.- Puente Río Zapatillo

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 28 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.31 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 27.69 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 27.69 metros. Este puente está compuesto de una

sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

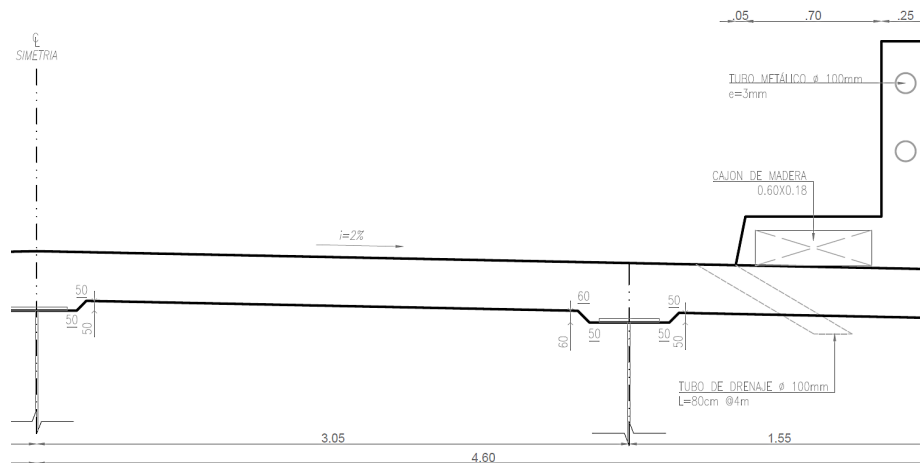


Ilustración 37. Sección Transversal Río Zapatillo

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

6.- Puente Río Santima

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 25 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.31 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 24.69 metros. La luz máxima y la luz promedio en

este puente son la misma con un valor de 24.69 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de hormigón armado no presforzado. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

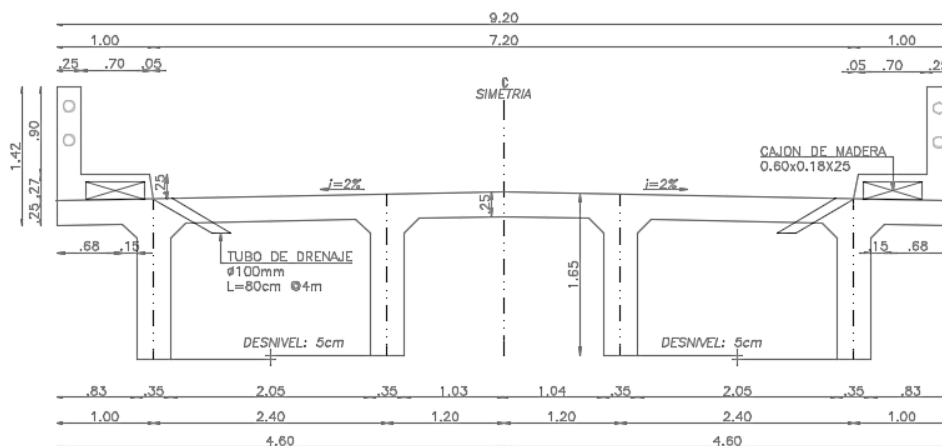


Ilustración 38. Sección Transversal Río Santima

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

7.- Puente Río Tangare

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 28 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de

los soportes es 0.31 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 27.69 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 27.69 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

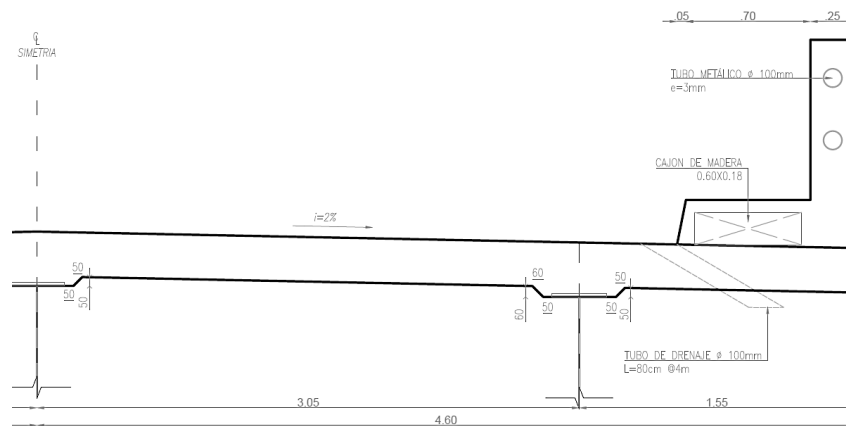


Ilustración 39. Sección Transversal Río Tangare

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

8.- Puente Río Ostiones

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 55 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.39 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 54.61 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 54.61 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

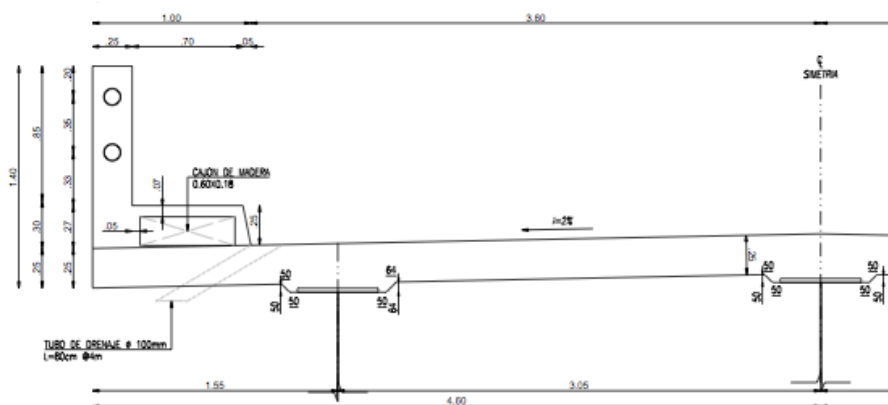


Ilustración 40. Sección Transversal Río Ostiones.

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

9.- Puente Río Chamba

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 25 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.31 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 24.69 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 24.69 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de hormigón armado no presforzado. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

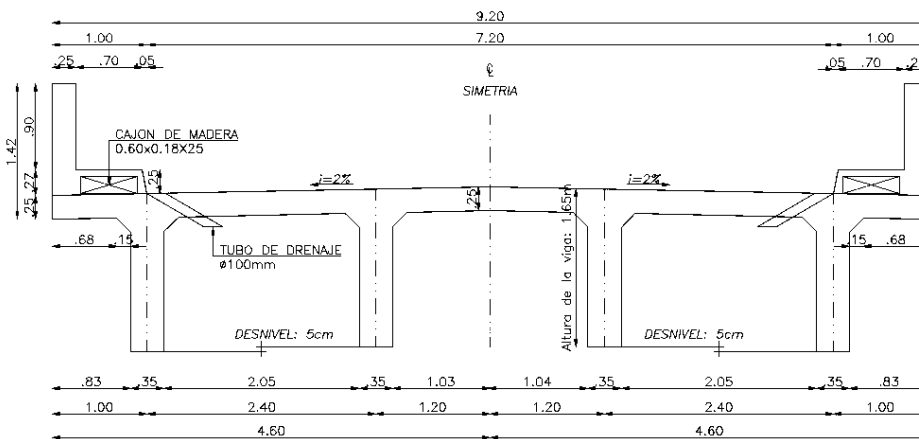


Ilustración 41. Sección Transversal Río Chamba.

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en

este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

10.- Puente Río Tonchigüe

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 20 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.30 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 19.70 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 19.70 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de hormigón armado no presforzado. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

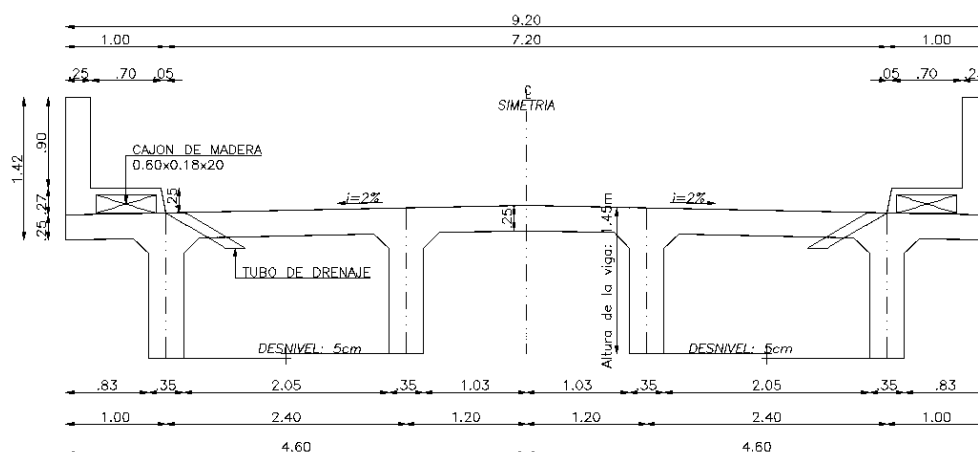


Ilustración 42. Sección Transversal Río Tonchigüe.

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el

mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

11.- Puente Río Pizares

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 20 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.30 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 19.70 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 19.70 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de hormigón armado no presforzado. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

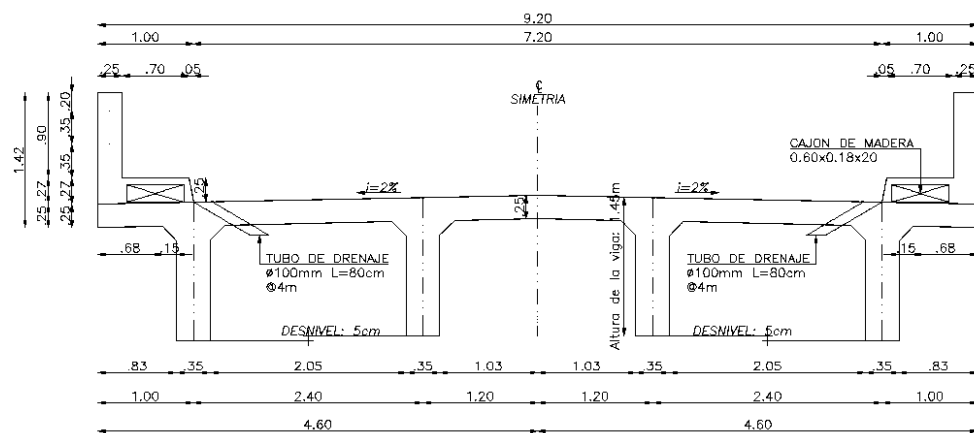


Ilustración 43. Sección Transversal Río Pizares.

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

12.- Puente Quebrada del Parto

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 28 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.31 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 27.69 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 27.69 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

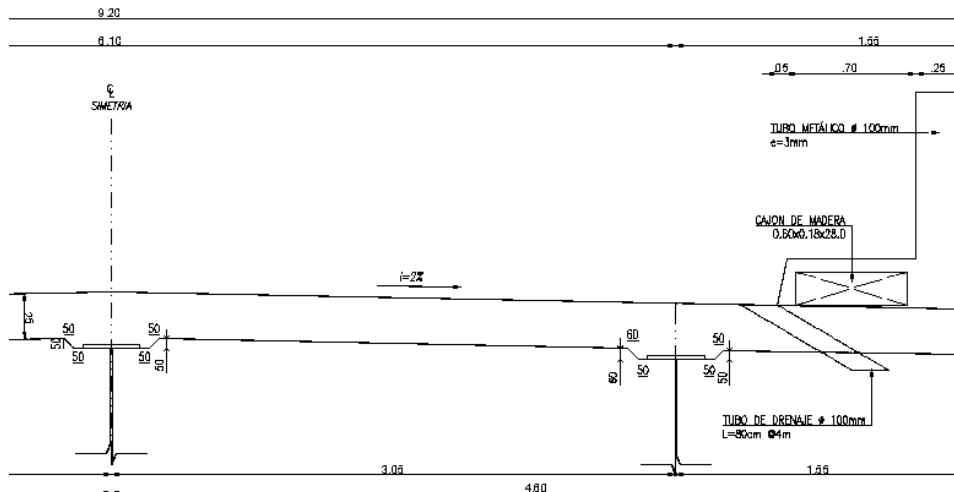


Ilustración 44. Sección Transversal Quebrada del Parto.

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

13.- Puente Río Chumundé

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 60 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.50 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 59.50 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 59.50 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos

carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

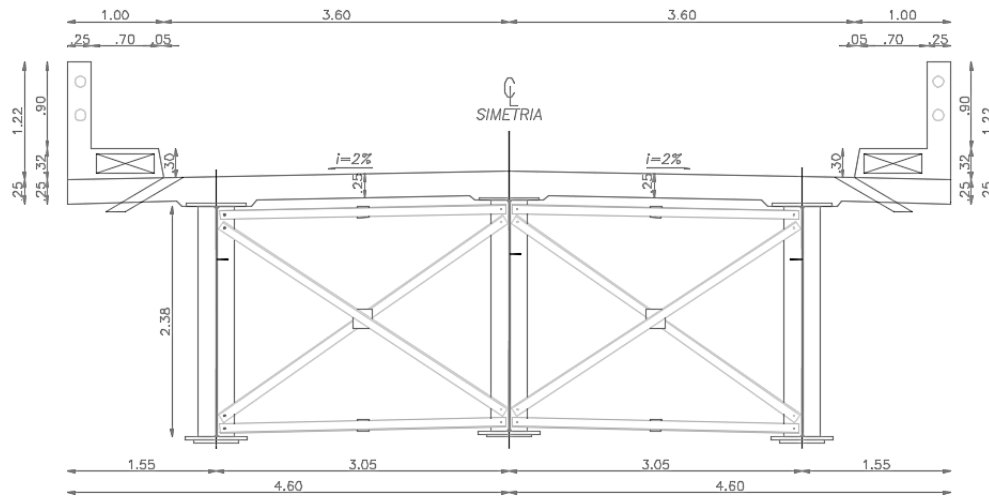


Ilustración 45. Sección Transversal Río Chumundé.

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

14.- Puente Estero Naranjal

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 47 metros. El puente cuenta con 2 soportes, uno a cada lado, y el ancho de los soportes es 0.50 metros cada uno. Es un soporte de neopreno y sabiendo esto, podemos decir que la luz efectiva del tablero es de 46.50 metros. La luz máxima y la luz promedio en este puente son la misma con un valor de 46.50 metros. Este puente está compuesto de una sola luz y su sistema estructural longitudinal de tablero está compuesto por vigas de acero. El sistema estructural de los soportes es un sistema de estribos de hormigón armado.

La losa del puente está construida en hormigón armado y fue diseñada de acuerdo con el código AASHTO (2014), el cual es un código de estándar americano. Tiene solo dos carriles de circulación de tráfico (uno en cada sentido) y con un ancho de cada carril de 3.60 metros, tiene un ancho total de circulación vehicular de 7.20 metros.

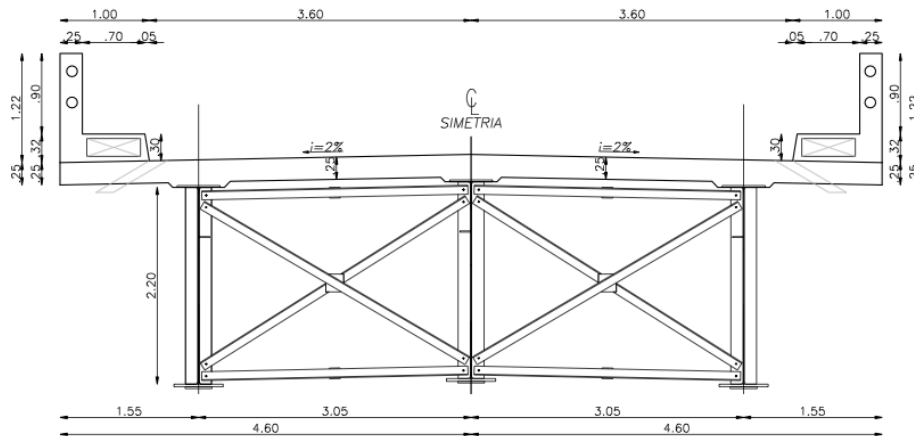


Ilustración 46. Sección Transversal Río Naranjal.

La carga viva vehicular de diseño es de 61.32 kN/m por cada carril de tráfico. Este puente está diseñado para resistir una actividad sísmica fuerte más la carga vehicular en el mismo instante. El tablero no posee efectos de vigas continuas, ya que únicamente consta de vigas simplemente apoyadas. Finalmente, no existen otro tipo de complejidad estructural en este puente tales como: curvatura en planta o pilas muy altas (al menos cuatro veces la luz promedio del puente).

15.- Puente Río Wawaime

Este puente está ubicado en la provincia de Esmeraldas en Ecuador. La longitud total del tablero es de 84.90 metros. El puente cuenta con 4 soportes, dos estribos y dos pilas intermedias. Los soportes son de neopreno tanto en los estribos como en las pilas intermedias. Las dimensiones de los neoprenos son de 40x40 centímetros en los estribos, de 40x50 centímetros en la pila derecha y pila izquierda. En cada apoyo existen tres soportes de neopreno, uno central y dos laterales. La primera luz izquierda es de 18.63 metros, la luz del

medio tiene 32.72 metros y la luz derecha del puente tiene 33.55 metros de longitud. De esta manera podemos calcular las luces efectivas como:

$$l_1 = 18.63 \text{ m} - \frac{0.40}{2} \text{ m} - \frac{0.50}{2} \text{ m} = 18.18 \text{ m}$$

$$l_2 = 32.71 \text{ m} - \frac{0.50}{2} \text{ m} - \frac{0.50}{2} \text{ m} = 32.21 \text{ m}$$

$$l_3 = 33.5 \text{ m} - \frac{0.50}{2} \text{ m} - \frac{0.40}{2} \text{ m} = 33.05 \text{ m}$$

Con esto podemos obtener que la máxima luz es de 33.05 metros y que el promedio de las luces del puente es 27.81 metros. Es un puente con tres luces y su sistema estructural de soporte es con pilas verticales de concreto. Las vigas son secciones tipo “I” de acero y el tablero es una losa de hormigón tradicional.

La losa esta diseñada para la circulación de tráfico vehicular y fue diseñada bajo los estándares del código AASHTO (2014). El puente cuenta con dos carriles de 3.00 metros de ancho cada uno y con un ancho total posible de carga vehicular de 6.50 metros, con lo que obtenemos una carga viva de diseño de 67.92 kN/m por carril de circulación. Al igual que todos los puentes mostrados en este trabajo, el puente del Río Wawaime está diseñado para resistir la actividad sísmica de la zona. El puente cuenta con un sistema continuo de vigas y de tablero a diferencia de los anteriores los cuales eran simplemente apoyados. Y no posee ningún otro tipo de complejidad como curvatura en planta, ni pilas excesivamente grandes en elevación (al menos cuatro veces la luz del puente).

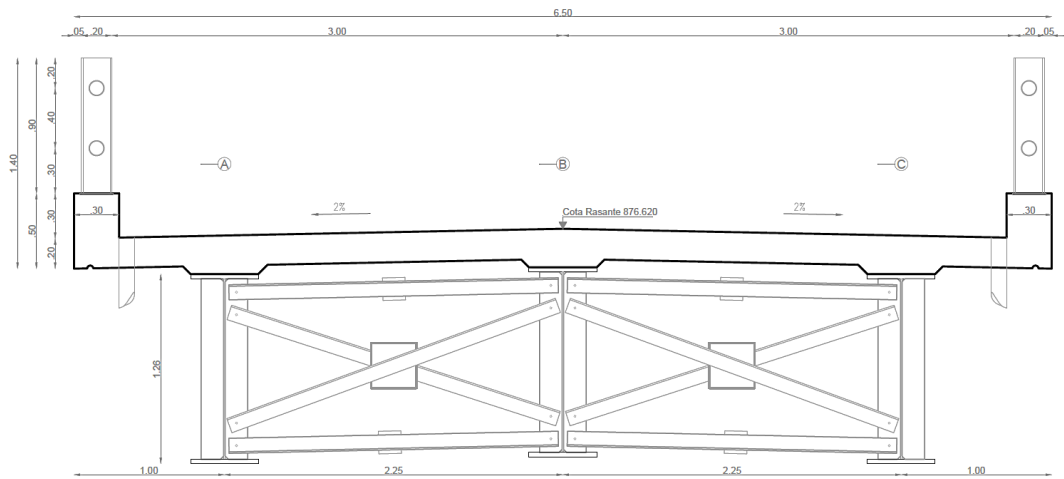


Ilustración 47. Sección Transversal Generalizada Río Wawaime.

Tabla 3. Variables con Posibles Clasificaciones

VAR	Range Min	Range Max	Discrete
1	30	300	
2	30	300	
3			1,2,3,>3
4			Concrete vertical piers, Steel vertical piers , Steel frame, Concrete frame , Steel arch, Concrete arch , Cable-stayed, Suspension
5			Steel or composite steel-concrete girders, Steel trussed beams , Steel or composite steel-concrete box girders, Concrete boxes , Concrete I-beams
6			Steel orthotropic, Concrete slab , Composite steel-concrete slab
7			Road, Rail
8			Eurocodes or similar, U.S. Standards or similar , Other standards
9	1	8	
10	5	120	
11			Vehicular, Vehicular + strong winds , Vehicular + strong seismic action
12			Continuous, Simply supported
13			None, Curved , Very tall piers

Tabla 4. Nomenclatura de Posibles Clasificaciones

VAR	Possible Values
4	CVP, SVP , SF, CF , SA, CA , CS, S
5	CSCG, STB , CSCBG, CB , CIB
6	SO, CS , CSCS
7	ROAD, RAIL
8	EC, USS , OTHERS
11	V, VSW , VSS
12	C, SS
13	NONE, CURVED , VTP

Tabla 5. Clasificación de Puentes (Input).

Data Point	1 Sa - Average Span	2 Sm - Maximum Span	3 Sn - Number of Spans	4 Ss - Structural System	5 Sd - Deck Longitudinal System	6 Sp - Pavement System	7 U - Use	8 St - Standards	9 TL - Traffic Lanes	10 DL - Design Loads	11 SigL - Significant Loads	12 C - Deck system continuity	13 O - Other sources of complexity
1 (Ampliación Río San Pedro)	24.70	24.70	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	46.87	VSS	SS	NONE
2 (Puentes Río Conejo)	64.50	64.50	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
3 (Puentes Río Quinindé)	111.40	111.40	1	SA	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
4 (Río Vinsade)	29.69	29.69	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
5 (Río Zapatillo)	27.69	27.69	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
6 (Río Santima)	24.69	24.69	1	CF	CIB	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
7 (Río Tangare)	27.69	27.69	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
8 (Río Ostiones)	54.61	54.61	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
9 (Río Chamba)	24.69	24.69	1	CF	CIB	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
10 (Río Tonchigüe)	19.70	19.70	1	CF	CIB	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
11 (Río Pizares)	19.70	19.70	1	CF	CIB	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
12 (Río Quebrada del Parto)	27.69	27.69	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
13 (Río Chumundé)	59.50	59.50	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
14 (Río Naranjal)	46.50	46.50	1	CF	CSCG	CS	ROAD	USS	2	61.32	VSS	SS	NONE
15 (Río Wawaime)	27.81	33.05	3	CVP	CSCG	CS	ROAD	USS	2	67.92	VSS	C	NONE

Tabla 6. Cálculo de carga viva.

Data Point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	TL - Traffic Lanes	TLW - Traffic Lane Width (m)	Tandem Load (kN)	Truck Load (kN)	Traffic Lane Load (kN/m)	Carriageway width (m)	Impact Factor (1+IM)	Multipresence Factor (m)	Design Live Loads HL-93 Truck (kN/m/TL)	Design Live Loads HL-93 Tandem (kN/m/TL)	Design Live Loads (kN/m/TL)
1 (Ampliación Río San Pedro)	2	4.71	110	145	9.3	9.42	1.33	1	46.87	36.99	46.87
2 (Puentes Río Conejo)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
3 (Puentes Río Quinindé)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
4 (Río Vinsade)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
5 (Río Zapatillo)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
6 (Río Santima)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
7 (Río Tangare)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
8 (Río Ostiones)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
9 (Río Chamba)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
10 (Río Tonchigüe)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
11 (Río Pizares)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
12 (Río Quebrada del Parto)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
13 (Río Chumundé)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
14 (Río Naranjal)	2	3.60	110	145	9.3	7.20	1.33	1	61.32	48.39	61.32
15 (Río Wawaime)	2	3.00	110	145	9.3	6.50	1.33	1	67.92	53.6	67.92

Cálculo de cantidades de materiales

La cantidad de acero de refuerzo y de hormigón fueron tomadas de los planos estructurales de los puentes. Estas cantidades fueron comprobadas con las geometrías de los diferentes elementos estructurales. Se explicará como se realizó el proceso para uno de los puentes. El puente seleccionado es el puente sobre el Río Zapatillo, ya que es el primer de muchos datos consecuentes. Para estimar la cantidad de material utilizada en este puente se procedió a calcular manualmente la cantidad de hormigón. La ilustración 48, representa el estribo izquierdo del Río Zapatillo:

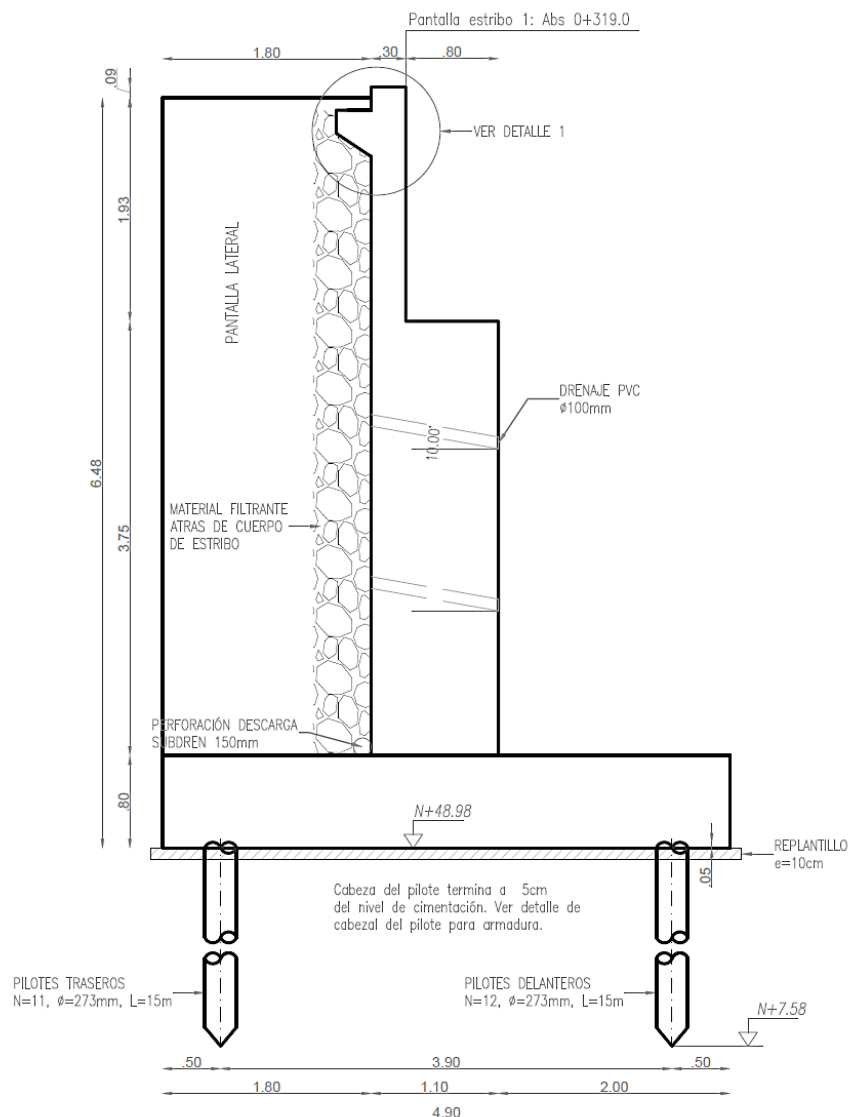


Ilustración 48. Estribo Izquierdo Río Zapatillo.

Podemos determinar que el área del estribo, junto a la ménsula de apoyo es de 8.74 metros cuadrados, esto incluyendo la zapata del estribo. El área del muro incluido la zapata es de 14.14 m^2 . Estos datos se obtuvieron con el comando “Area” de AutoCAD 2016. Posteriormente conocemos que el espesor del muro es de 0.35 m y que la longitud del estribo que tiene la ménsula de apoyo es 9.20 m. Con estos datos podemos calcular las siguientes cantidades:

$$V_{\text{muro}} = 14.14 \text{ m}^2 * 0.35 \text{ m} * 2 \text{ muros} = 9.90 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{estribo}} = 8.74 \text{ m}^2 * 9.20 \text{ m} = 80.41 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 80.41 \text{ m}^3 + 9.90 \text{ m}^3 = 90.31 \text{ m}^3 \approx 90 \text{ m}^3$$

Este valor sin considerar la losa de aproximación y sin considerar unos pequeños filetes que existen en la conexión entre el estribo con la ménsula de apoyo y los muros pantallas de los lados. Tampoco está incluida la losa de aproximación la cual añade 5.33 m^3 . Añadiendo la losa de aproximación se obtiene un valor de:

$$V_{\text{total+LA}} = 90 \text{ m}^3 + 5.33 \text{ m}^3 = 95.64 \text{ m}^3 \approx 96 \text{ m}^3$$

Este valor no difiere mucho del calculado en la planilla, el cual es igual a 94.89 m^3 de hormigón de 28 MPa de resistencia. De igual manera podemos calcular la cantidad de hormigón utilizado en la losa de manera práctica. Haciendo referencia a la ilustración 37 “*Sección Transversal Río Zapatillo*” podemos cuantificar de manera muy sencilla la cantidad de hormigón. Conociendo que el tablero tiene 28 m de longitud, un ancho de 9.20 m y un espesor de 0.25 m se concluye que:

$$V_{\text{losa}} = 28 \text{ m} * 9.20 \text{ m} * 0.25 \text{ m} = 64.4 \text{ m}^3 \approx 64 \text{ m}^3$$

A este valor añadimos las barreras fijas de hormigón armado, que tiene un área de 0.3641 m^2 . Esto fue calculado usando la herramienta “Area” de AutoCAD 2106.

Obtenemos el siguiente resultado:

$$V_{\text{barreras}} = 0.3641 \text{ m}^2 * 28 \text{ m} * 2 \text{ barreras} = 20.39 \text{ m}^3 \approx 21 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{tablero}} = 20.39 \text{ m}^3 + 64.40 \text{ m}^3 = 84.79 \text{ m}^3$$

Esta cantidad de hormigón es casi exacta al 84.36 m^3 que se encuentra en la planilla de materiales del tablero. Con lo que podemos concluir que ambas cantidades han sido estimadas de manera adecuada. La cantidad de acero usada en un determinado elemento estructural fue tomada directamente de la planilla de resumen de materiales de los planos estructurales y se verificó que todas las marcas allí mencionadas se encuentren en la planilla.

Se repitió el mismo proceso para calcular las cantidades de materiales utilizados. Al dar resultados concordantes en 4 puentes diferentes, se asumió que las cantidades mostradas en las planillas de los planos estructurales son adecuadas y fiables para ser tomadas como datos reales para la presente investigación. De esta manera se trabajó uno por uno los elementos estructurales del puente dividiendo las cantidades estimadas en las siguientes clasificaciones:

- 1.- Cantidad de Acero
 - 1.1.- Refuerzo en Soporte Izquierdo (kg).
 - 1.2.- Refuerzo Soporte Medio (kg).
 - 1.3.- Refuerzo Soporte Derecho (kg).
 - 1.4.- Acero en Vigas o Refuerzo en Vigas (kg).
 - 1.5.- Refuerzo en Losa de Concreto (kg).
- 2.- Cantidad de Hormigón
 - 2.1.- Reducción por Losa de Aproximación (m^3).
 - 2.2.- Hormigón en Soporte Izquierdo (m^3).
 - 2.3.- Hormigón en Soporte Medio (m^3).
 - 2.4.- Hormigón en Soporte Derecho (m^3).
 - 2.5.- Hormigón en Vigas (m^3).

○ 2.6.- Hormigón en Losa de Concreto (m³).

Con esta clasificación, lograremos identificar de manera sencilla la cantidad del rubro en cada elemento estructural. En muchos de los casos no existen pilas intermedias y en otros casos no existe hormigón en las vigas.

En los resultados de las cantidades de materiales de cada puente se obtuvo la respuesta de la siguiente manera:

$$OUT\ 1\ SQ_{tt} = \frac{\text{peso total de acero en el puente}}{\text{número de carriles del puente} * \text{longitud total del puente}}$$

$$OUT\ 2\ CQ_{tt} = \frac{\text{cantidad total de hormigón utilizado en el puente}}{\text{número de carriles del puente} * \text{longitud total del puente}}$$

Con estas dos ecuaciones se obtuvieron los resultados finales de la investigación para las cantidades de acero y hormigón. La cantidad de acero y la de hormigón están finalmente calculadas como una cantidad de material, por metro lineal y por carril del puente (Salonga & Gauvreau, 2014). Nótese que la cantidad de acero tomada para calcular el peso de acero en el puente únicamente corresponde a la cantidad de acero presente en elemento estructurales compuestos **únicamente de acero y no de elementos compuestos cemento-acero (hormigón)**. Esto se debe a que el acero de refuerzo y su peso ya es considerado dentro de la cantidad del rubro del hormigón para el presente estudio.

Tabla 7. Cantidad de Materiales en Puentes de Estudio

Data Point	2. SQ Left. Abutment	3. SQ Middle Support	4.SQ Right. Abutment	5.SQ Girders	6. SQ Steel Slab	7 CQt - Concrete Quantity	8. CQ AP. Slab	9. CQ AP. Slab Reduction	10. CQ Left. Abutment	11. CQ Middle Support	12.CQ Right. Abutment	13.CQ Beams	14. CQ Concrete Slab	15. Steel Reduction	16. Concrete Reduction
1.(Ampliación Río San Pedro)	10118.65	0.00	6800.47	26294.70	9727.07		0	0.00	78.00	0.00	41.40	0.00	80.90	0.00	0.00
2.(Puentes Río Conejo)	5967.67	0.00	3577.48	132814.82	19096.46		3.70x7.20x0.20	5.33	100.35	0.00	63.44	0.00	153.70	0.00	10.66
3.(Puentes Río Quindé)	10053.48	0.00	7959.64	401928.58	33234.05		3.70x7.20x0.20	5.33	160.22	0.00	119.36	0.00	260.00	0.00	10.66
4.(Río Vinsade)	7963.70	0.00	6191.09	30659.43	13659.59		3.70x7.20x0.20	5.33	130.71	0.00	96.26	0.00	132.45	0.00	10.66
5.(Río Zapatillo)	5850.21	0.00	4703.61	28288.36	7798.95		3.70x7.20x0.20	5.33	94.89	0.00	80.28	0.00	84.36	0.00	10.66
6.(Río Santima)	7468.54	0.00	4477.15	12658.67	6770.10		3.70x7.86x0.20	5.82	110.54	0.00	79.05	55.20	75.47	0.00	11.63
7.(Río Tangare)	5604.65	0.00	4927.02	28288.36	8104.18		3.70x7.20x0.20	5.33	92.59	0.00	84.16	0.00	84.26	0.00	10.66
8.(Río Ostiones)	11557.94	0.00	5037.90	98384.58	16035.28		3.00x9.20x0.25	7.41	138.52	0.00	68.92	0.00	165.80	0.00	12.74
9.(Río Chamba)	6441.69	0.00	5098.15	12608.44	6424.93		3.70x7.20x0.20	5.33	109.93	0.00	85.73	55.20	75.25	0.00	10.66
10.(Río Tonchigüe)	4837.27	0.00	4837.27	8960.19	5138.31		3.70x7.20x0.20	5.33	83.87	0.00	83.87	38.77	60.42	0.00	10.66
11.(Río Pizares)	5218.39	0.00	5115.80	8960.19	5138.31		3.70x7.20x0.20	5.33	89.88	0.00	85.38	38.77	60.42	0.00	10.66
12.(Río Quebrada del Parto)	4154.56	0.00	5454.81	28288.36	8104.18		3.70x7.20x0.20	5.33	64.26	0.00	92.98	0.00	84.36	0.00	10.66
13.(Río Chumundé)	4798.60	0.00	4798.60	111776.72	17317.64		3.70x7.20x0.20	5.33	74.38	0.00	74.38	0.00	165.97	0.00	10.66
14.(Río Naranjal)	3570.18	0.00	3570.18	66422.01	13659.59		3.70x7.20x0.20	5.33	46.13	0.00	46.13	0.00	132.45	0.00	10.66
15.(Río Wawaime)	21271	14958.81	1852.27	26037.36	17147.8		0	0.00	199.00	96.00	22.16	0.00	132.52	0.00	0.00

Tabla 8. Resultados de Cantidades de Materiales por Metro Lineal por Carril de Puente (Output).

Data Point	1 SQtt - Steel Quantity (m ³)	2 CQtt - Concrete Quantity (m ³)	3 TL - Traffic Lanes	4 L - Total Length (m)	Out 1 SQtt (kg)	Out 2 CQtt (m ³)
1.(Ampliación Río San Pedro)	26294.70	200.30	2	24.70	532.28	4.05
2.(Puentes Río Conejo)	132814.82	306.83	2	64.50	1029.57	2.38
3.(Puentes Río Quindé)	401928.58	528.92	2	111.40	1803.99	2.37
4.(Río Vinsade)	30659.43	348.76	2	29.69	516.33	5.87
5.(Río Zapatillo)	28288.36	248.87	2	27.69	510.80	4.49
6.(Río Santima)	12658.67	308.63	2	24.69	0.00	6.25
7.(Río Tangare)	28288.36	250.35	2	27.69	510.80	4.52
8.(Río Ostiones)	98384.58	360.50	2	54.61	900.79	3.30
9.(Río Chamba)	12608.44	315.45	2	24.69	0.00	6.39
10.(Río Tonchigüe)	8960.19	256.27	2	19.70	0.00	6.50
11.(Río Pizares)	8960.19	263.79	2	19.70	0.00	6.70
12.(Río Quebrada del Parto)	28288.36	230.94	2	27.69	510.80	4.17
13.(Río Chumundé)	111776.72	304.07	2	59.50	939.30	2.56
14.(Río Naranjal)	66422.01	214.05	2	46.50	714.22	2.30
15.(Río Wawaime)	26037.36	449.68	2	83.44	156.02	2.69

Análisis de Resultados

En esta sección se realizará las primeras predicciones de la cantidad de materiales que se esperaría utilizar en diferentes puentes, según algunas de las variables cuantificables que poseemos. El método que se utilizará es el de la regresión lineal de una variable. En este método se utiliza la ecuación lineal clásica, la cual se muestra a continuación.

$$y = mx + b$$

En donde:

y – Es la variable dependiente, en este caso la cantidad del rubro de acero u hormigón (kg).

x – Es la variable independiente en este caso es la luz promedio (m), la luz máxima (m), el número de luces, número de líneas de tráfico o la carga viva vehicular por metro lineal y por carril de diseño (kg/m/TL) del puente.

m – Es la pendiente de la regresión, determinada a partir de datos existentes de entrada y una determinada salida.

b – Es la intersección con el eje de la variable dependiente.

Estas regresiones fueron realizadas con la herramienta de regresión lineal de Excel, en la cual se propuso como variables independientes a las siguientes variables cuantitativas de la investigación:

- S_a – Luz promedio del puente (m).
- S_m – Luz máxima del puente (m).
- S_n – Número de luces del puente.
- TL – Número de líneas de tráfico en ambos sentidos.
- DL – Carga viva vehicular por metro lineal y por carril, de diseño del puente (kN/m/TL).

De igual manera se determinó como variables dependientes a las siguientes:

- S_{Qt} – Cantidad de acero en elementos estructurales (kg).

- CQtt – Cantidad de hormigón en elementos estructurales (m³).

Con esto se obtuvo que, mediante el uso de la regresión lineal, las únicas variables que tienen correlación entre ellas con un valor de $R^2 \geq 65\%$ y de R múltiple $\cong 1$ (Schneider, Hommel, & Blettner, 2010) son las variables de cantidad de acero en elementos estructurales con las variables de luz promedio y luz máxima. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 9. Solución de Regresión Lineal Para Sa vs SQtt

Data Point	1 Sa - Average Span (m)	Out 1 SQtt (kg)
1 (Ampliación Río San Pedro)	24.70	532.28
2 (Puentes Río Conejo)	64.50	1029.57
3 (Puentes Río Quinindé)	111.40	1803.99
4 (Río Vinsade)	29.69	516.33
5 (Río Zapatillo)	27.69	510.80
7 (Río Tangare)	27.69	510.80
8 (Río Ostiones)	54.61	900.79
12 (Río Quebrada del Parto)	27.69	510.80
13 (Río Chumundé)	59.50	939.30
14 (Río Naranjal)	46.50	714.22
15 (Río Wawaime)	27.81	156.02
<i>Regression Statistics</i>		<i>Significance F</i>
Multiple R	0.967698207	1.09327E-06
R Square	0.936439821	
Adjusted R Square	0.929377578	
Standard Error	115.0400174	
Observations	11	
<i>Coefficients</i>		<i>Standard Error</i>
Intercept	12.77772497	71.94765923
1 Sa - Average Span	15.91207126	1.381841021
<i>Observation</i>	<i>Predicted 5 Out 1 SQtt</i>	<i>Residuals</i>
1	405.805885	126.4754915
2	1039.106321	-9.534073022

Para la variable 1 de entrada que hace referencia a la luz promedio del puente, se puede observar que si se realiza una predicción lineal los resultados serán muy satisfactorios. Los datos de entrada que se han proporcionado son lo suficientemente fiables como para realizar una predicción de la cantidad de acero dando como dato de entrada un dato de luz promedio. El valor de $R^2 = 0.94$ o 94% implica que en el 94% de las predicciones que se realicen estarán dentro de los valores esperados (Schneider et al., 2010) para la cantidad de acero, si se utiliza la ecuación de regresión lineal con los valores obtenidos para $m = 15.91$ y $b = 12.78$. Mientras que el valor de R múltiple ≈ 1 nos indica que existe una correlación lineal muy significativa entre las dos variables (Schneider et al., 2010). De esta manera podemos determinar la primera ecuación lineal de predicción:

$$SQtt = 15.91 * Sa + 12.78$$

Esta ecuación permitirá relacionar de manera lineal la luz promedio de un puente con la cantidad de acero necesaria en sus miembros estructurales. Pero dado que los valores de los residuales son muy elevados en las dos primeras observaciones es elevada (casi un 20% de casi todos los rubros), se puede descartar la regresión lineal.

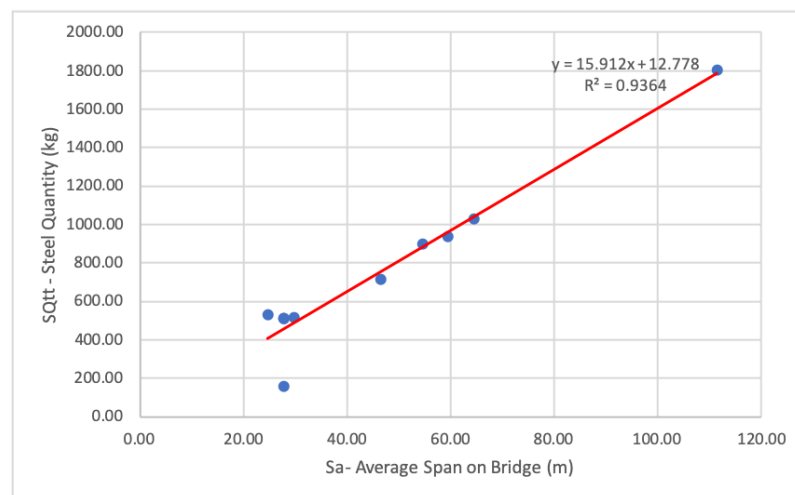


Ilustración 49. Regresión Lineal de Sa vs SQtt.

De igual manera se determinó que existe correlación lineal entre la segunda variable de entrada (Sm- luz máxima del puente) y la cantidad del rubro de acero en elementos estructurales. Esto sucede ya que los datos casi no tienen variabilidad entre la variable de entrada uno y la variable de entrada dos debido a que los puentes presentados en este trabajo son, casi todos, de una sola luz. Con esto se cumple que la luz promedio y la luz máxima es igual, al existir una sola luz que conforma la estructura del puente.

Tabla 10. Solución de Regresión Lineal Para Sm vs SQtt

Data Point	2 Sm – Average Spam (m)	Out 1 SQtt (kg)
1 (Ampliación Río San Pedro)	24.70	532.28
2 (Puentes Río Conejo)	64.50	1029.57
3 (Puentes Río Quinindé)	111.40	1803.99
4 (Río Vinsade)	29.69	516.33
5 (Río Zapatillo)	27.69	510.80
7 (Río Tangare)	27.69	510.80
8 (Río Ostiones)	54.61	900.79
12 (Río Quebrada del Parto)	27.69	510.80
13 (Río Chumundé)	59.50	939.30
14 (Río Naranjal)	46.50	714.22
15 (Río Wawaime)	33.05	156.02
<i>Regression Statistics</i>		<i>Significance F</i>
Multiple R	0.952078816	6.3055E-06
R Square	0.906454073	
Adjusted R Square	0.896060081	
Standard Error	139.5625269	
Observations	11	
<i>Coefficients</i>		<i>Standard Error</i>
Intercept	8.470808924	88.79143555
5 Out 1 SQtt	15.84106188	1.696299663
<i>Observation</i>	<i>Predicted 5 Out 1 SQtt</i>	<i>Residuals</i>
1	399.7450372	132.5363393
2	1030.2193	-0.647051833

De la tabla anterior se puede concluir que existe de igual manera relación lineal entre la cantidad de acero en elementos estructurales de un puente y su luz máxima, con un coeficiente $R^2 = 0.91$ o 91%. Se puede observar que al tener un valor de R múltiple cercano a 1 se puede decir que las dos variables son linealmente dependientes entre ellas (Schneider et al., 2010). Al obtener residuales muy elevados, al igual que en el caso anterior, se puede concluir que la cantidad de material de acero de los elementos estructurales no podrán ser determinados de manera muy exacta en la mayoría de los casos con la siguiente ecuación:

$$SQtt = 15.84 * Sm + 8.47$$

Se puede observar que si es una buena herramienta para tener una idea general del comportamiento de las variables en relación con la cantidad de salida de los rubros de hormigón y acero en elementos estructurales:

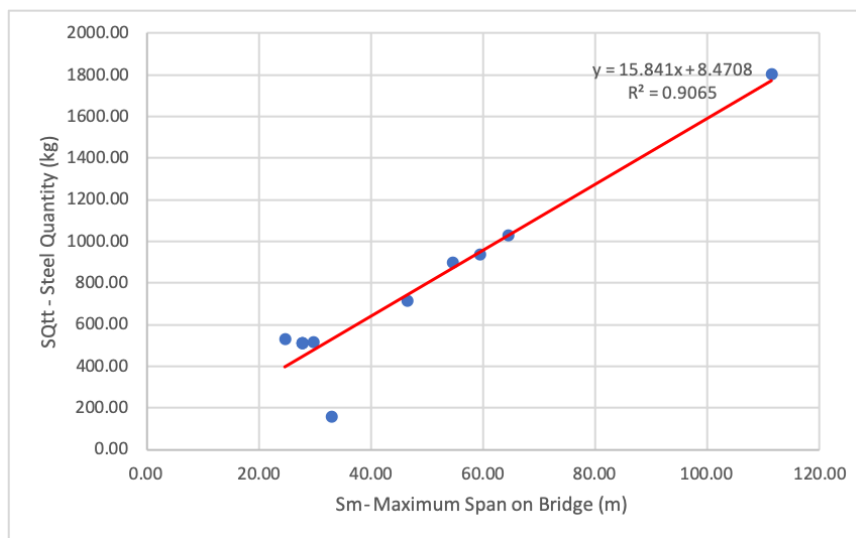


Ilustración 50. Regresión Lineal de Sm vs SQtt.

Por otro lado, no se encontró ningún tipo de relación lineal entre las demás variables de entrada del estudio y la cantidad de acero en los elementos estructurales, que brinden soluciones que tengan valores de $R^2 \geq 0.65$ o 65% y R múltiple ≈ 1 (Schneider et al., 2010). Al realizar la regresión lineal con la variable de entrada de número de luces del puente (S_n) en conjunto con la cantidad de acero en elementos estructurales, se obtuvo que el valor

de $R^2 = 0.05$ o 5%. Con esto se puede decir que se obtiene un modelo lineal, en el cual solo el 5% de los valores que se obtendrán estarán dentro del rango de valores esperados (Schneider et al., 2010). El valor de R múltiple = 0.22 y como este valor es más cercano a cero que a uno, podemos concluir que esta mostrando más tendencia a que no existe correlación lineal entre la variable del número de luces del puente (S_n) y la salida de cantidad de acero en elementos estructurales (SQtt) (Schneider et al., 2010).

De igual manera se realizó la regresión lineal para la variable relacionada a la cantidad de carriles del puente en ambos sentidos (TL), con la cantidad de acero en elementos estructurales (SQtt). Se obtuvo que el valor de $R^2 = 0.52$ o 52%. Con esto se puede decir que se obtiene un modelo lineal, en el cual solo el 52% de los valores que se obtendrán estarán dentro del rango de valores esperados (Schneider et al., 2010). El valor de R múltiple = 0.72 y como este valor es más cercano a uno que a cero, podemos concluir que esta mostrando más tendencia a que si existe correlación lineal entre la variable del número de carriles (TL) y la salida de cantidad de acero en elementos estructurales (SQtt) (Schneider et al., 2010).

Finalmente, se realizó la regresión lineal para la variable relacionada a la carga de diseño viva por metro lineal y por carril de puente (DL), con la cantidad de acero en elementos estructurales (SQtt). Se obtuvo que el valor de $R^2 = 0.05$ o 5%. Con esto se puede decir que se obtiene un modelo lineal, en el cual solo el 5% de los valores que se obtendrán estarán dentro del rango de valores esperados (Schneider et al., 2010). El valor de R múltiple = 0.22 y como este valor es más cercano a cero que a uno, podemos concluir que esta mostrando más tendencia a que no existe correlación lineal entre la variable de la carga de diseño viva por metro lineal y por carril de (DL) y la salida de cantidad de acero en elementos estructurales (SQtt) (Schneider et al., 2010).

En lo que relaciona a la segunda variable de salida (CQtt), no se encontró ninguna relación lineal con cualquier variable de entrada. Se realizaron cinco regresiones entre la

cantidad de hormigón en todos los elementos estructurales (CQt) y las cinco diferentes variables cuantitativas. De estas regresiones no se obtuvieron valores representativos para generar una ecuación de regresión lo suficientemente confiable. Y los residuales de igual manera están muy por encima de un error admisible (menor al 65%). En adición a esto, los valores de regresión lineal obtenidos relacionados a la predicción de la cantidad del hormigón en elementos estructurales nos otorgó valores de $R^2 \leq 0.52$ o 52% y un valor de R múltiple ≤ 0.72 . Este fue el mejor resultado obtenido y es el resultado que relaciona la longitud máxima de luz del puente (S_m) con la cantidad de hormigón en sus elementos estructurales. Al obtener un valor menor al 65 en R^2 , podemos decir que no existe forma correcta de predecir la cantidad de hormigón, con los datos presentados en esta investigación (Schneider et al., 2010), pero que si existe una relación lineal entre la cantidad del rubro de hormigón y la luz del puente.

Adicionalmente, se intentó relacionar la cantidad de hormigón usada únicamente en elementos de la superestructura con alguna de las variables de entrada. Y tampoco se encontró ningún modelo de predicción lo suficientemente válido. El mayor valor de R^2 fue de 31% con lo de igual manera no podemos afirmar que el modelo se puede realizar por medio de una regresión lineal (Schneider et al., 2010). En cuanto a la regresión lineal de la cantidad de acero únicamente en elementos de la superestructura, en relación con las variables de entrada; se obtuvieron los mismos resultados que en la primera parte del análisis de datos ya que no existe aporte al rubro de la cantidad de acero en elementos estructurales, por parte de la subestructura del puente. Esto sucede ya que ninguno de los puentes del presente trabajo posee elementos estructurales, de acero únicamente, en la subestructura razón por la cual la cantidad del rubro únicamente proviene del acero aportado por elementos (vigas de acero tipo "I") de la superestructura.

Discusiones

Los resultados obtenidos en el análisis de la información no son satisfactorios. Esta es una suposición que siempre existió durante la realización del presente trabajo y por esta razón se puede afirmar que los modelos de regresiones lineal de variable simple no son una buena alternativa cuando se busca una solución a la predicción de materiales de construcción de un puente. Pero si son eficientes para predecir un comportamiento y tener una buena idea inicial para futuros trabajos.

Confirmando lo antes mencionado en la sección de revisión bibliográfica, la cual hace mención al estudio para estimación de costos en etapas preliminares de la obra (Fragkakis et al., 2010) con la cual existe una única diferencia respecto a los valores de $R^2 \geq 70\%$ en lugar del 65% aquí mencionado, la cantidad de hormigón de un puente no parece ser predecible mediante la utilización de regresiones lineales de una variable. Considerando como resultados eficientes a valores de $R^2 \geq 65\%$ se afirma que, aunque nuestro parámetro de aceptabilidad en resultados fue mayor, no se consiguieron resultados confiables relacionados a la cantidad del rubro del hormigón. Pero obteniendo valores de R múltiple cercanos a 1 (0.72 cuando se evaluó S_a y 0.70 al evaluar S_m), se puede afirmar que el modelo permite encontrar una relación directamente proporcional o lineal entre la cantidad de hormigón y las dos variables que dieron estos resultados. Esas variables hacen referencia a las luces máximas de los puentes, al igual que a la luz promedio de estos.

Por otro lado, los resultados obtenidos en relación con la predicción de acero (kg) utilizado en elementos estructurales, fueron más satisfactorios. Con valores de $R^2 \geq 85\%$ se puede confirmar que los resultados que se predigan utilizando las dos ecuaciones mostradas en el análisis de resultados, son suficientemente confiables. Los valores del R múltiple obtenidos (0.94 para S_a , 0.91 para S_m y 0.72 para TL) permiten afirmar que si existe una relación proporcional o lineal que puede llegar a ser lo suficientemente confiable como para

predecir la cantidad de acero en relación con estas tres variables. Estas tres variables de igual manera hacen referencia a las luces de los puentes estudiados y el número de carriles de tráfico en ambos sentidos.

Finalmente, se puede decir que el método de predicción de regresión lineal es eficiente cuando se busca predecir la cantidad del rubro de acero (kg) y no es eficiente para predecir cantidades hormigón (m^3). De igual manera se puede decir que el método de regresión lineal es lo suficientemente eficaz para predecir una relación directamente proporcional entre las luces de un puente y la cantidad de ambos rubros (acero y hormigón). A más también resultó un método eficaz para relacionar el número de carriles y la cantidad de acero estructural (kg) de manera directamente proporcional. Pero es deficiente de manera conceptual (Schneider, et al., 2010) debido a que no considera variables cualitativas.

Conclusiones

Como conclusión, podemos decir que los modelos de regresiones lineales de una variable no son suficiente para predecir cantidades de rubros de manera exacta. Incluso si se proveyeran los datos de entradas suficientes, el modelo es muy limitado al considerar únicamente variables cuantitativas. Sin embargo, los resultados obtenidos mediante las regresiones lineales si sirven como un modelo de predicción que tendrán futuros proyectos que se realizarán para poder predecir la cantidad de materiales utilizados en los elementos estructurales de un puente.

Los resultados aquí obtenidos nos permiten llegar a determinar con seguridad dos conclusiones muy importantes. La primera conclusión que se puede obtener de la presente clasificación y análisis de datos es que existirá una fuerte relación entre las luces de un puente y la cantidad de material utilizado en los mismo. Es de gran importancia entender esta relación en la realización de futuros trabajos, ya que, esta nos permitirá determinar de manera casi instantánea los rangos lógicos de los rubros el momento de recolectar más información para una base de datos.

De igual manera podemos concluir que la cantidad de hormigón utilizado en los estribos, por lo general está más relacionada con la geografía y condiciones geológicas. Es por esta razón que en futuros trabajos podría considerarse la cantidad de material usado en ellos, como una un análisis separado. La cantidad de hormigón utilizada en una construcción no es tan predecible por el método de regresión lineal de una variable, por lo que se recomiendo utilizar otro método de análisis y aproximación el momento de calcular la cantidad de hormigón utilizada en un puente. Por otro lado, la cantidad de acero parece estar muy ligada casi que únicamente a las luces del puente. Encontrando relación lineal entre al menos tres variables de cinco, podemos concluir que de manera general podemos relacionar el numero de carriles y las luces de un puente, con la cantidad de acero (kg) de sus elementos

estructurales. Adicionalmente, podemos mencionar que, ampliando la cantidad de datos de input podemos llegar a predecir la cantidad de acero de manera muy sencilla y comparar estos resultados con los que se obtendrán del modelo de ANN, trabajo que se realizará posteriormente. Aún cuando los resultados en la sección de hormigón no han sido del todo satisfactorios, para realizar un modelo de regresión, nos han servido para determinar que la cantidad de hormigón igual se encuentra ligada a las luces del puente. De manera que se puede afirmar que todas las variables presentadas en el presente trabajo tendrán a mostrar menor importancia que las variables relacionadas con las luces de un puente.

Se puede añadir que el modelo de ANN si puede llegar a ser lo suficientemente confiable, al considerar muchas variables cualitativas y al proveer una mejor interpretación de los inputs dados. Se espera que el programa sea capaz de determinar la diferencia entre las diferentes clasificaciones de entrada y que con esto logre generar resultados más exactos. Para que esto suceda sería eficiente ampliar la base de datos de entrada, al igual que dar mayor importancia a ciertas variables, sin necesariamente sesgar la respuesta del programa a un único resultado. Es en este punto que podemos concluir que el único programa lo suficientemente capaz de realizar esto será un programa con la habilidad de discretizar entre la importancia de variables y su relación significativo o no con las salidas. A más de esta discretización el programa debe tener la habilidad de únicamente tomar en cuenta el resultado más cercano a los resultados posibles “lógicos” dejando de lado los resultados que no puedan ser considerados representativos.

De igual manera podemos concluir que las cantidades de acero están por encima del rango esperado (500 kg), esto se ve relacionado con el diseño por demanda sísmica. Las fuerzas laterales en puentes diseñados en Ecuador tendrán a tener elementos menos esbeltos o rigidizadores de mayor capacidad, con lo que la cantidad de acero en elementos estructurales

se verá muy elevada en comparación con otro puente que no tenga la necesidad de resistir cargas sísmicas.

Finalmente, podemos mencionar que al menos tres de cinco variables que se han podido analizar, parecen ser suficientemente significativas como para determinar un buen patrón de correlación entre las variables de entrada y las de salida. Esto nos indica que, teniendo un modelo más preciso, si se puede llegar a estimar la cantidad de materiales presentes en los elementos estructurales de un puente proveyendo los mismos datos de entrada aquí mencionados.

Recomendaciones para futuro trabajo

Existen algunas recomendaciones que se pueden obtener del presente trabajo. Las más importantes son las que están directamente ligadas a los datos de entrada. Las variables aquí expuestas, si pueden cubrir la mayoría de los puentes existentes de manera general. Pero al no poder crear una regresión lo suficientemente confiable, se recomienda ampliar la base de datos de entrada para futuras investigaciones. Por el momento se planeaba utilizar 200 puentes como una base para el futuro proyecto relacionado con el “ANN materials quantities bridge estimation”, tal vez sea prudente considerar ampliar este rango para poder obtener resultados más precisos. De igual manera se recomienda buscar un poco más de alternancia con respecto a los puentes provistos como datos de entrada, es decir, que posean diferentes sistemas estructurales.

Otra recomendación muy importante recae en el análisis de el muestreo. Con la presente investigación ya se pudo determinar que ciertas variables si están relacionadas entre sí, pero existen otras que no lo están. Es por esta razón que se recomienda considerar la posible existencia de otras variables bien sea o adicionalmente o en remplazo de algunas existentes. Esto deberá ser realizado de manera muy cautelosa y se recomienda tener la asesoría de un experto en el tópico.

Referencias

- Abambres, M., Rajana, K., Tsavdaridis, K., & Ribeiro, T. (2018). *Neural Network-based formula for the buckling load prediction of I-section cellular steel beams* [Preprint]. doi: 10.31224/osf.io/wg7hd.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2014). *AASHTO LRFD bridge design specifications, U.S. customary units*. Recuperado de <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpAASHTO6E/aashto-lrfd-bridge>.
- Chen, W.-F., & Duan, L. (Eds.). (2014). *Bridge engineering handbook* (Second edition). Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Contraloría General del Estado (2009). *Normas de control interno para las entidades, organismos del sector público y de las personas jurídicas de derecho privado que dispongan de recursos públicos*. Recuperado de https://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic5_ecu_ane_cge_12_nor_con_int_400_cge.pdf.
- Dimitriou, L., Marinelli, M., & Fragkakis, N. (2018). Early Bill-of-Quantities Estimation of Concrete Road Bridges: An Artificial Intelligence-Based Application. *Public Works Management & Policy*, 23(2), 127–149. doi: 10.1177/1087724X17737321.
- Fragkakis, N., Lambropoulos, S., & Pantouvakis, J.-P. (2010). *A cost estimate method for bridge superstructures using regression analysis and bootstrap*. Recuperado de https://pdfs.semanticscholar.org/94bc/59f18f2e9a30734b2ba06b6336143c55d5be.pdf?_ga=2.206352272.202070625.1556495655-1198434689.1556495655.
- García de Soto, B., Adey, B. T., & Fernando, D. (2017). A hybrid methodology to estimate construction material quantities at an early project phase. *International Journal of Construction Management*, 17(3), 165–196. doi: 10.1080/15623599.2016.1176727.

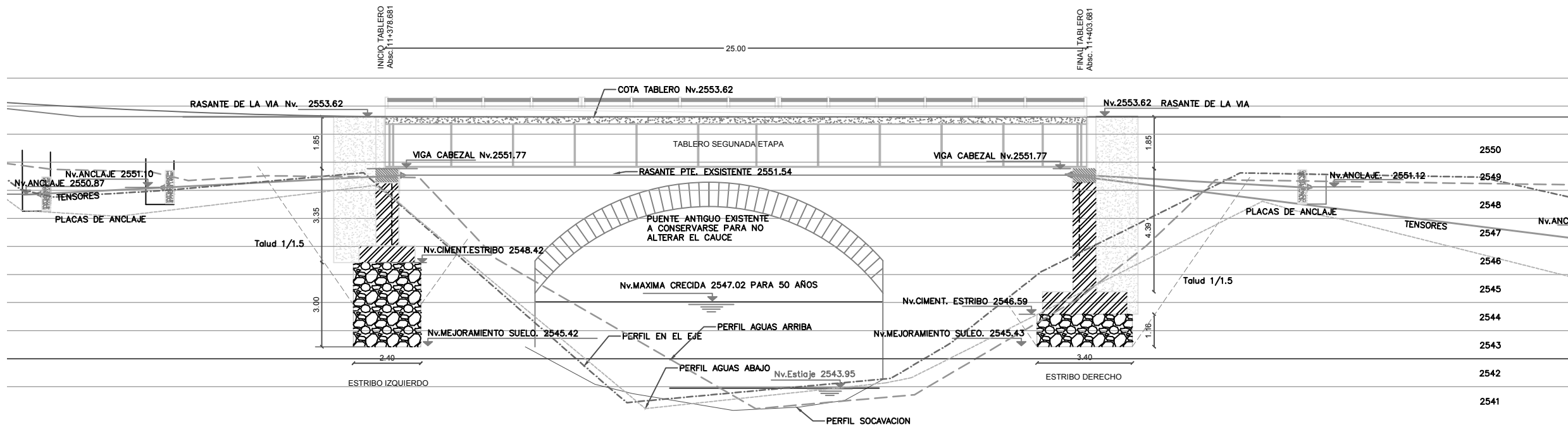
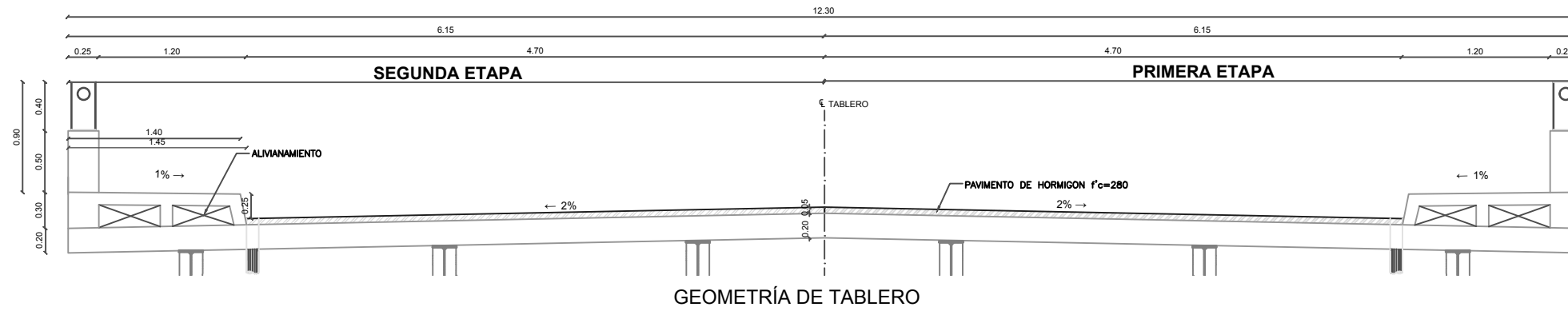
- Kim, J. B. (Ed.). (2013). *Simplified LRFD bridge design*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones Generales Para La Construcción De Caminos Y Puentes*. Recuperado de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf.
- Lantsoght, E., van der Veen, C., de Boer, A., & van der Ham, H. (2018). Long-term material and structural behavior of high-strength concrete cantilever bridge: Results of 20 years monitoring. *Structural Concrete*, 19(4), 1079–1091. doi: 10.1002/suco.201700214.
- Morcous, G., Bakhoun, M. M., Taha, M. A., & El-Said, M. (2001). *Preliminary Quantity Estimate of Highway Bridges using Neural Networks*. 21. doi: 10.4203/ccp.74.21.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *NEC-SE-DS Peligro Sísmico, Diseño Sismo Resistente*.
- O'Brien, E. J., Keogh, D. L., & O'Connor, A. J. (2015). *Bridge deck analysis* (Second edition). Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Salonga, J., & Gauvreau, P. (2014). Comparative Study of the Proportions, Form, and Efficiency of Concrete Arch Bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 19(3), 04013010. doi: 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000537.
- Schneider, A., Hommel, G., & Blettner, M. (2010). Linear Regression Analysis. *Deutsches Arzteblatt Online*. doi: 10.3238/arztebl.2010.0776.
- Wight, J. K., & MacGregor, J. G. (2012). *Reinforced concrete: mechanics and design* (6th ed). Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.
- Williams, A. (1998). *Seismic design of buildings and bridges: for civil and structural engineers*. Austin, Tex.: Engineering Press.

Xanthakos, P. P. (1994). *Theory and design of bridges*. New York: Wiley.

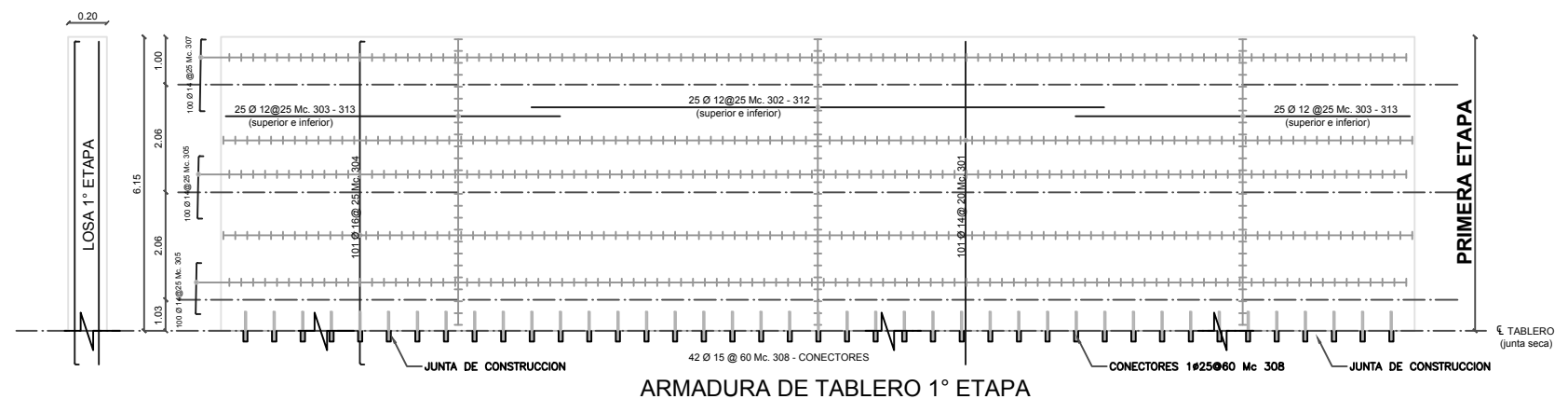
Yeh, I.-C. (1998). Quantity Estimating of Building with Logarithm-Neuron Networks.

Journal of Construction Engineering and Management, 124(5), 374–380. doi:

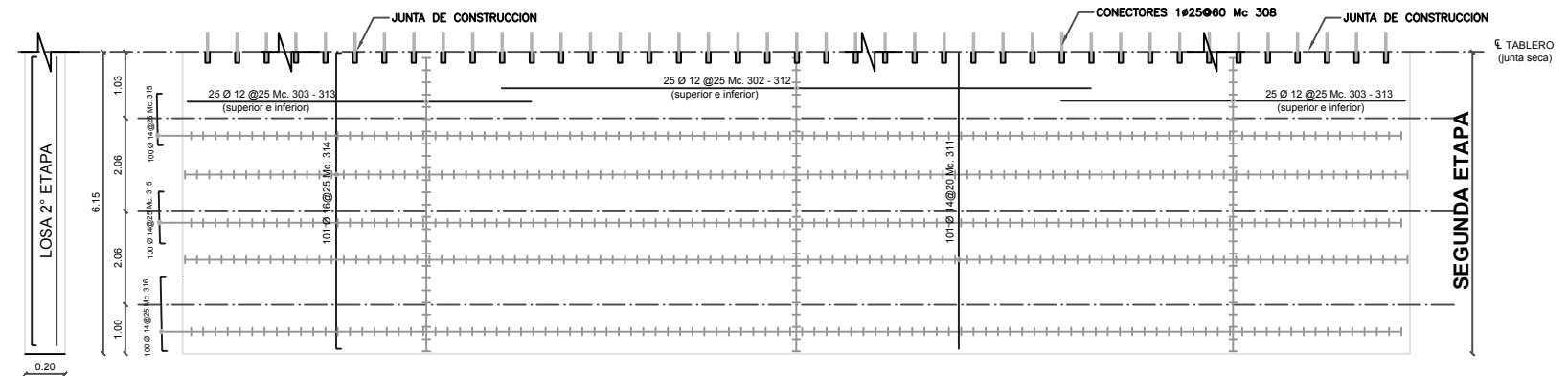
10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:5(374).



ELEVACION TÍPICA EN EL EJE DEL PUENTE PARA PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA
ESCALA: 1:100



ARMADURA DE TABLERO 1º ETAPA

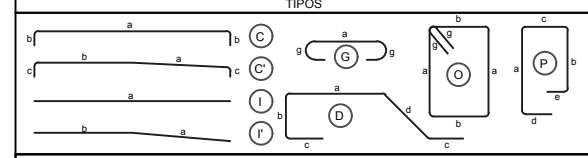


ARMADURA DE TABLERO 2º ETAPA

PLANILLA DE HIERROS											
Mc.	Tipo	Ø	No.	DIMENSIONES					Longitud parcial	Longitud total	Observaciones
				a	b	c	d	e			
TABLERO PRIMERA ETAPA											
301	I	14	124	6.80					6.80	843.20	
302	I	12	50	12.00					12.00	600.00	
303	I	12	100	7.00					7.00	700.00	
304	C	16	101	6.80	2x.15				7.10	717.10	
305	C	14	200	1.50	2x.15				1.80	360.00	
307	C	14	100	1.70	2x.15				2.00	200.00	
CONECTORES DE CORTE											
308	I	25	42	0.60					0.60	25.20	Conectores

TABLERO SEGUNDA ETAPA											
311	I	14	124	6.10					6.10	756.40	
312	I	12	50	12.00					12.00	600.00	
313	I	12	100	7.00					7.00	700.00	
314	C	16	101	6.10	2x.15				6.40	646.40	
315	C	14	200	1.50	2x.15				1.80	360.00	
316	C	14	100	1.70	2x.15				2.00	200.00	

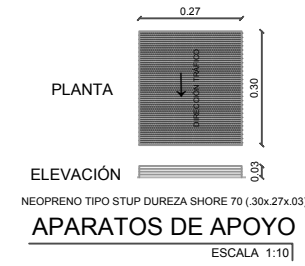
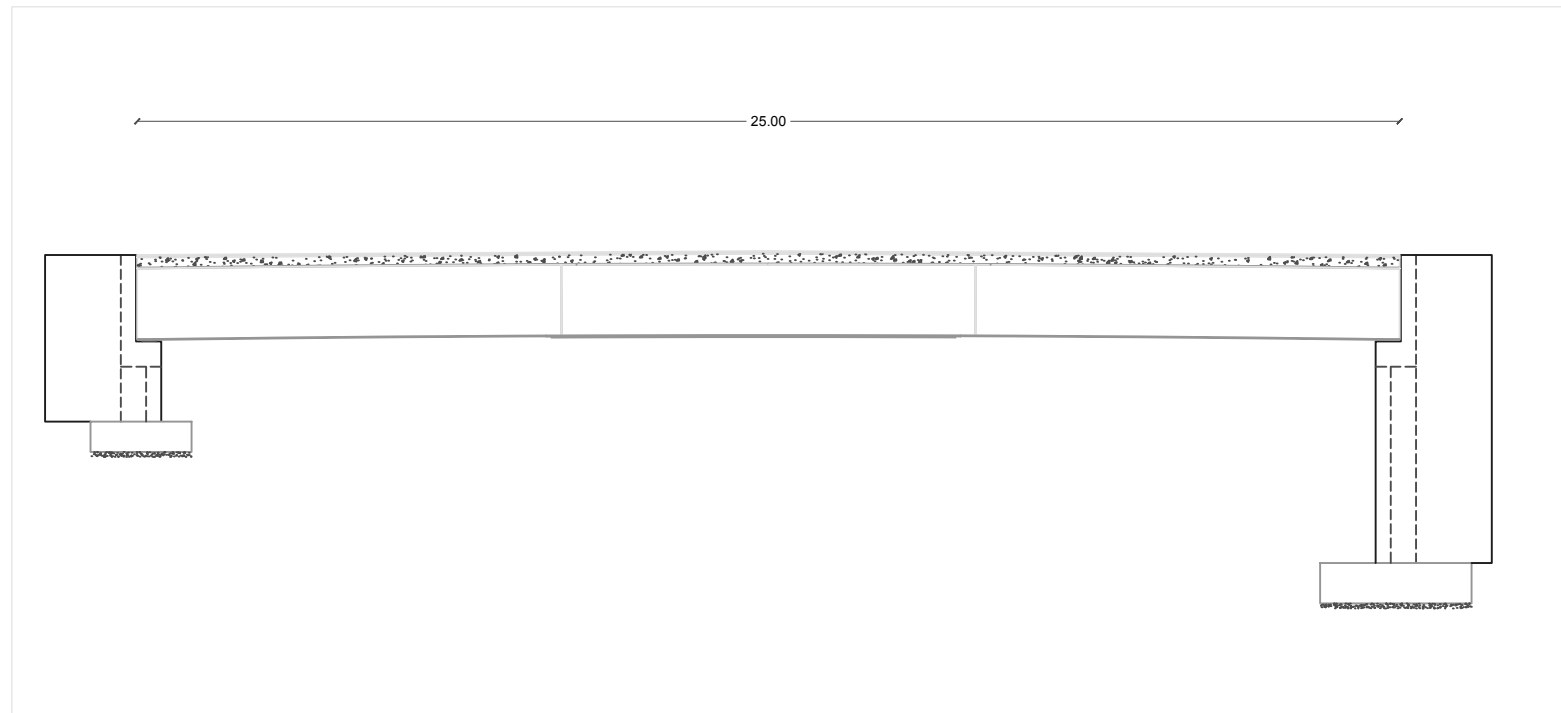
VEREDAS Y BARANDAS											
321	D	12	252	0.65	0.35	2x.10	0.35		1.55	390.60	
322	D	12	252	0.80	0.35	2x.10	0.35		1.70	428.40	
323	I	12	22	26.00					26.00	572.00	2 tiras de 0.55 cm
324	P	12	252	0.95	0.95	0.20	0.10	0.10	2.30	579.60	
325	G	8	384	0.20				2x.10	0.40	153.6	
326	O	8	96	0.20	0.20			2x.10	1.00	96	



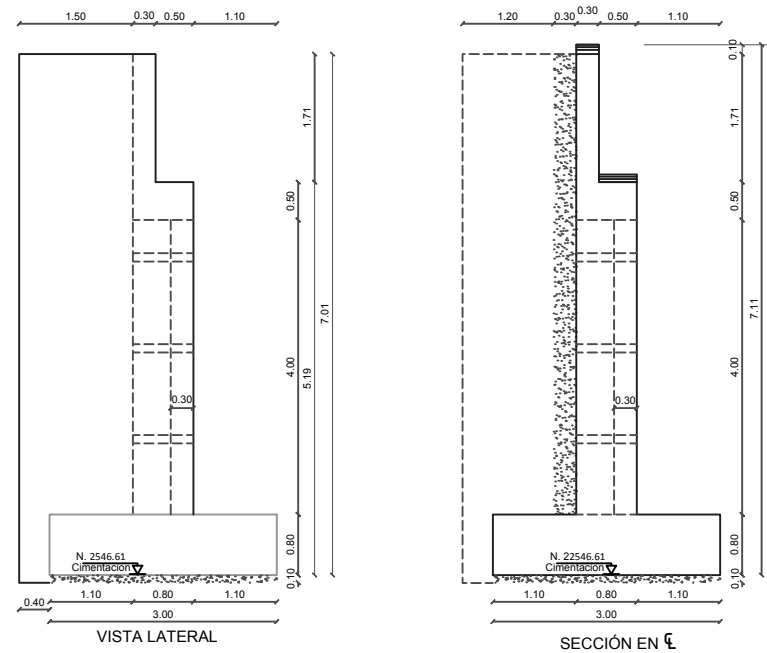
RESUMEN DE HIERROS					
DIAMETRO (mm.)	8	12	14	16	25
LONGITUD (m.)	249.60	4567.60	2719.60	1363.50	25.20
PESO (Kg.)	119.8	4065.16	3290.72	2154.33	97.02

PLANILLA DE ACERO ESTRUCTURAL						
Tipo	Perfil (mm)	Long. Parc. (m)	Nº	Long. Total (m)	Peso (Kg)	Observaciones
BARANDAS						
1	IPN	200x100x5.6x8.5	0.20	32	6.40	335.36 ASTM A-36
2	∅	200x150x10	0.20	32	6.40	75.36 ASTM A-36
3	∅	200x100x5	0.20	32	6.40	25.12 ASTM A-36
4	Tubo	∅ 4" - t=0.24"	6.124	8	49.00	357.22 ANSI SCHEDULE STD

RESUMEN DE MATERIALES	
ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (fy = 4.200 Kg/cm²)	9727.07 Kg.
HORMIGÓN ESTRUCTURAL CLASE "A" (f'c = 240 Kg/cm²)	80.90 m³
TUBO P.V.C. Ø 110 mm. - L=45 cm. (drenaje)	10.80 m.
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36 (fy = 2500 Kg/cm²)	435.84 Kg.
TUBO BARANDAS - ANSI SCHEDULE STD (OD=4" ; t=0.24")	114.80 Kg.
PERNOS DE EXPANSIÓN TIPO HILTI O SIMILAR Ø 1/2" - L=10cm	128 u.
CAPA DE RODADURA HORMIGÓN f'c=280kg	235.00 m².

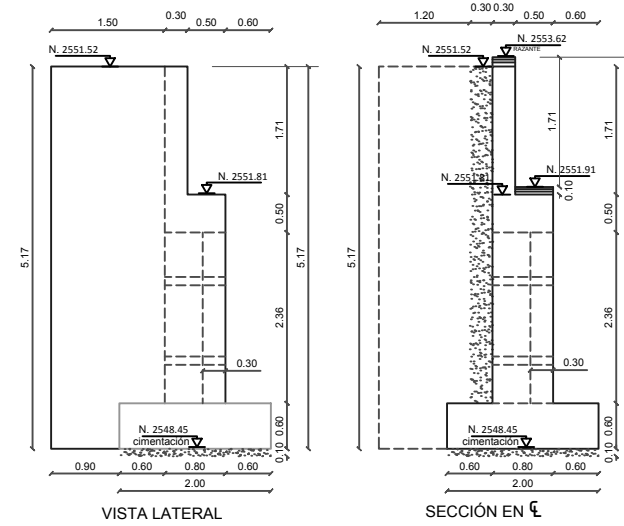


PLANILLA DE ACERO ESTRUCTURAL							
Pos	Tipo	Perfil (mm)	Long. Parc. (m)	Nº	Long. Total (m)	Peso (Kg)	Observaciones
VIGAS (# 6)							
1	U	820x1409x8	8.21	6	49.26	4 356.66	ASTM A-588
2	U	840x1471x8	8.40	12	100.80	9 315.11	ASTM A-588
3	U	820x200x16	8.20	6	49.20	1 235.90	ASTM A-588
4	U	870x200x16	8.70	6	52.20	1 311.26	ASTM A-588
5	U	810x200x16	8.10	6	48.60	1 220.83	ASTM A-588
6	U	820x300x20	8.20	6	49.20	2 317.32	ASTM A-588
7	U	810x300x16	8.10	6	48.60	1 831.25	ASTM A-588
8	U	870x300x16	8.70	6	52.20	1 966.90	ASTM A-588
9	U	800x200x16	8.00	6	48.00	1 205.76	ASTM A-588
100	UPN	160x65x7.5x10.5	0.195	432	84.24	1 533.71	ASTM A-36; conectores
TOTAL						A 588	24760.99
TOTAL						A 36	1533.71
DIAGRAMAS - RIGIDIZADORES - ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR (1a. ETAPAY 2a ETAPA)							
10	U	1368x90x8		60		463.92	ASTM A-588
11	U	1400x90x8		24		379.81	ASTM A-588
12	2L	75x75x6	2.00	100	200.00	1374.00	ASTM A-36
13	1L	75x75x6	2.30	50	115.00	790.05	ASTM A-36
14	U	250x250x16		10		78.50	ASTM A-588
15	U	100x100x16		20		25.12	ASTM A-588
16	U	200x200x8		16		40.19	ASTM A-588
17	U	250x250x8		15		58.88	ASTM A-588
18	U	100x100x8		30		18.84	ASTM A-588
19	U	250x150x8		192		452.16	ASTM A-588
20	1L	75x75x6	3.20	96	307.20	210.46	ASTM A-36
TOTAL						A 588	1517.42
TOTAL						A 36	4274.51
RESUMEN TOTAL DE MATERIALES							
ACERO ESTRUCTURAL (ASTM A-588)						26278.41 Kg.	
ACERO ESTRUCTURAL (ASTM A-36) PERFILES RODALADOS (IPN, Angulo)							



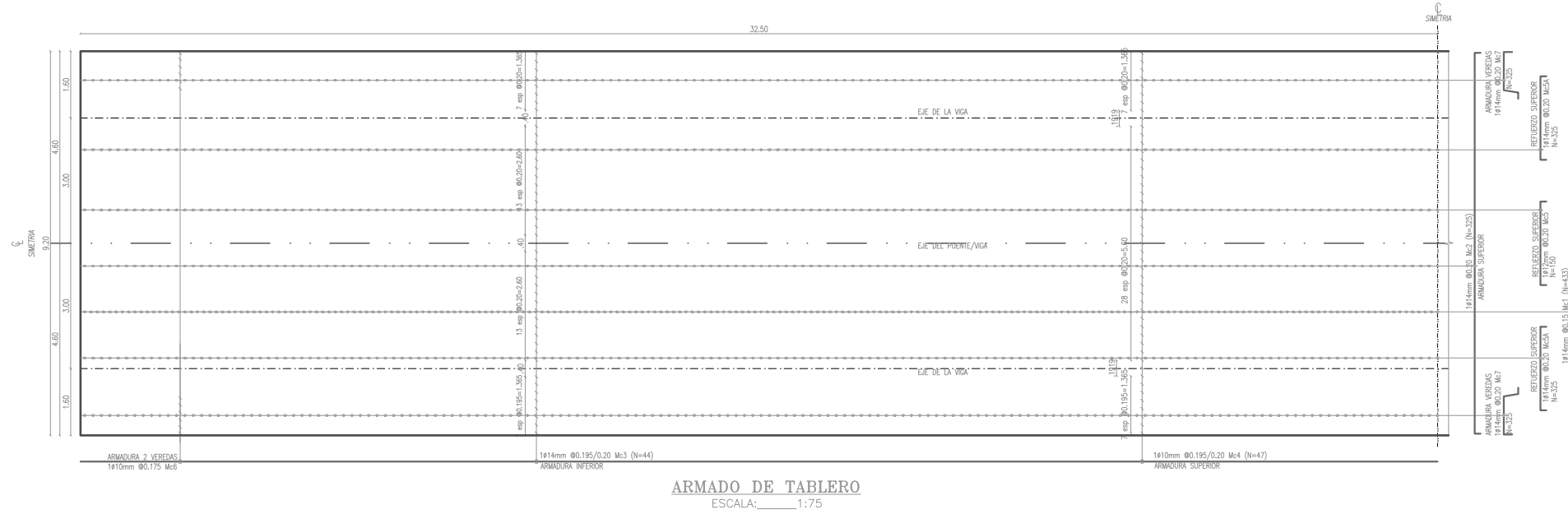
PLANILLA DE ACERO ESTRUCTURAL							
Pos	Tipo	Perfil (mm)	Long. Parc. (m)	Nº	Long. Total (m)	Peso (Kg)	Observaciones
ANCLAJES							
1	U	250x50x10	0.25	12	3.00	58.88	ASTM A-36
2	U	150x100x10	0.15	36	5.40	42.39	ASTM A-36
RESUMEN DE MATERIALES: ESTRIBO DER.							
ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (fy = 4.200 Kg/cm²)				10118.65 Kg.			
HORMIGÓN ESTRUCTURAL CLASE "A" (fc = 240 Kg/cm²)				78.00 m³			
HORMIGÓN SIMPLE CLASE "B" (fc = 180 Kg/cm²) replantillo				4.50 m³			
HORMIGÓN CICLOPEO				20.58m³			
MATERIAL FILTRANTE PARA ESTRUCTURAS				22.88 m³			
TUBO P.V.C. Ø 110 mm. - L=35 cm. (drenaje)				11.00 m.			
NEOPRENO TIPO STUP DUREZA SHORE 70 (30x27x.03)				6 u			
JUNTA DE DILATACIÓN TIPO III - MTOP				12.30 m.			
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36 (fy = 2850 Kg/cm²)				101.27 Kg.			

NOTAS:
 1.- RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN. $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$.
 2.- RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA FLUENCIA DEL REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.
 3.- CARGA DE TRÁNSITO: CAMIÓN MOP HS - 20



PLANILLA DE ACERO ESTRUCTURAL							
Pos	Tipo	Perfil (mm)	Long. Parc. (m)	Nº	Long. Total (m)	Peso (Kg)	Observaciones
ANCLAJES							
1	U	250x50x10	0.25	12	3.00	58.88	ASTM A-36
2	U	150x100x10	0.15	36	5.40	42.39	ASTM A-36
RESUMEN DE MATERIALES: ESTRIBO IZQ.							
ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (fy = 4.200 Kg/cm²)				6800.47 Kg.			
HORMIGÓN ESTRUCTURAL CLASE "A" (fc = 240 Kg/cm²)				41.40 m³			
HORMIGÓN SIMPLE CLASE "B" (fc = 180 Kg/cm²) replantillo				2.80 m³			
HORMIGÓN CICLOPEO				36.62 m³			
MATERIAL FILTRANTE PARA ESTRUCTURAS				17.70 m³			
TUBO P.V.C. Ø 110 mm. - L=35 cm. (drenaje)				4.20 m.			
NEOPRENO TIPO STUP DUREZA SHORE 70 (30x27x.03)				6 u			
JUNTA DE DILATACIÓN TIPO III - MTOP				12.30 m.			
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36 (fy = 2850 Kg/cm²)				101.27 Kg.			

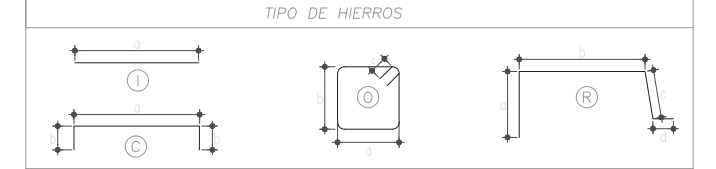
NOTAS:
 1.- RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$.
 2.- RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA FLUENCIA DEL REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.
 3.- CARGA DE TRÁNSITO: CAMIÓN MOP HS - 20



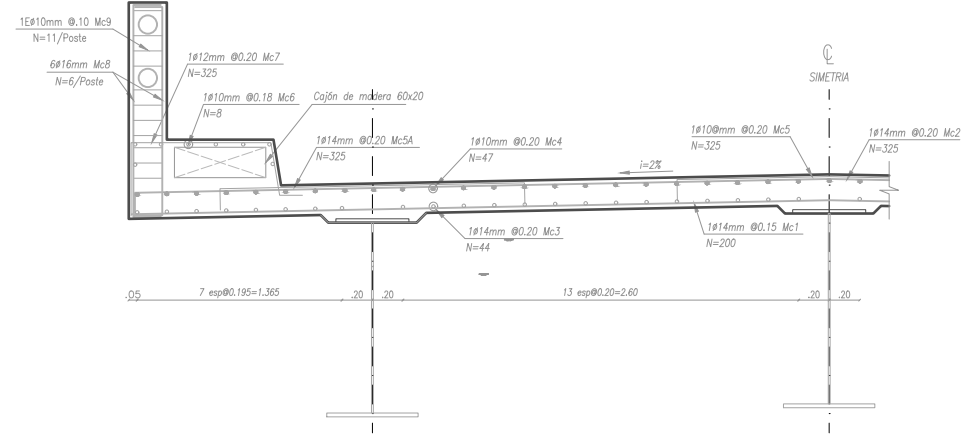
ARMADO DE TABLERO
ESCALA: 1:75

PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observaciones
			a	b	c	d					
1	I	14	9.10				9.10	433	3940.30	4759.88	
2	C	14	9.10	0.10			9.30	325	3022.50	3651.18	
3	I	14	67.40				67.40	44	2965.60	3582.44	traslape 50cm
4	I	10	66.90				66.90	47	3144.30	1940.03	traslape 40cm
5	C	10	2.00	0.10			2.20	325	715.00	441.16	
5A	C	14	2.00	0.10			2.20	650	1430.00	1727.44	
6	I	10	66.90				66.90	16	1070.40	660.44	
7	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	650	1170.00	1038.96	
8	C	16	1.32	0.15			1.62	360	583.20	920.29	
9	O	10	0.18	0.18	0.10		0.92	660	607.20	374.64	
									Total (kg)	19096.46	

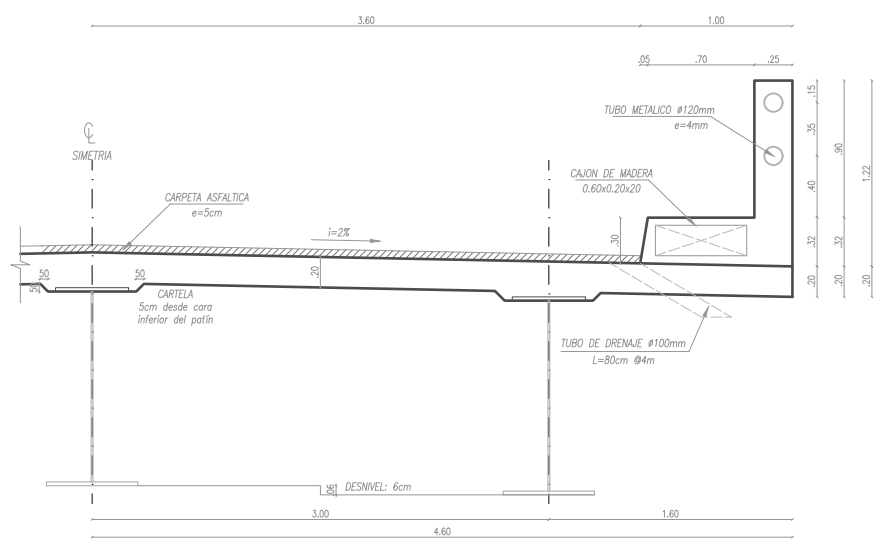
RESUMEN DE HIERRO										
Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	5536.90	1170.00	11358.40	583.20	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	3416.27	1038.96	13720.95	920.29	-	-	-	-	-	-



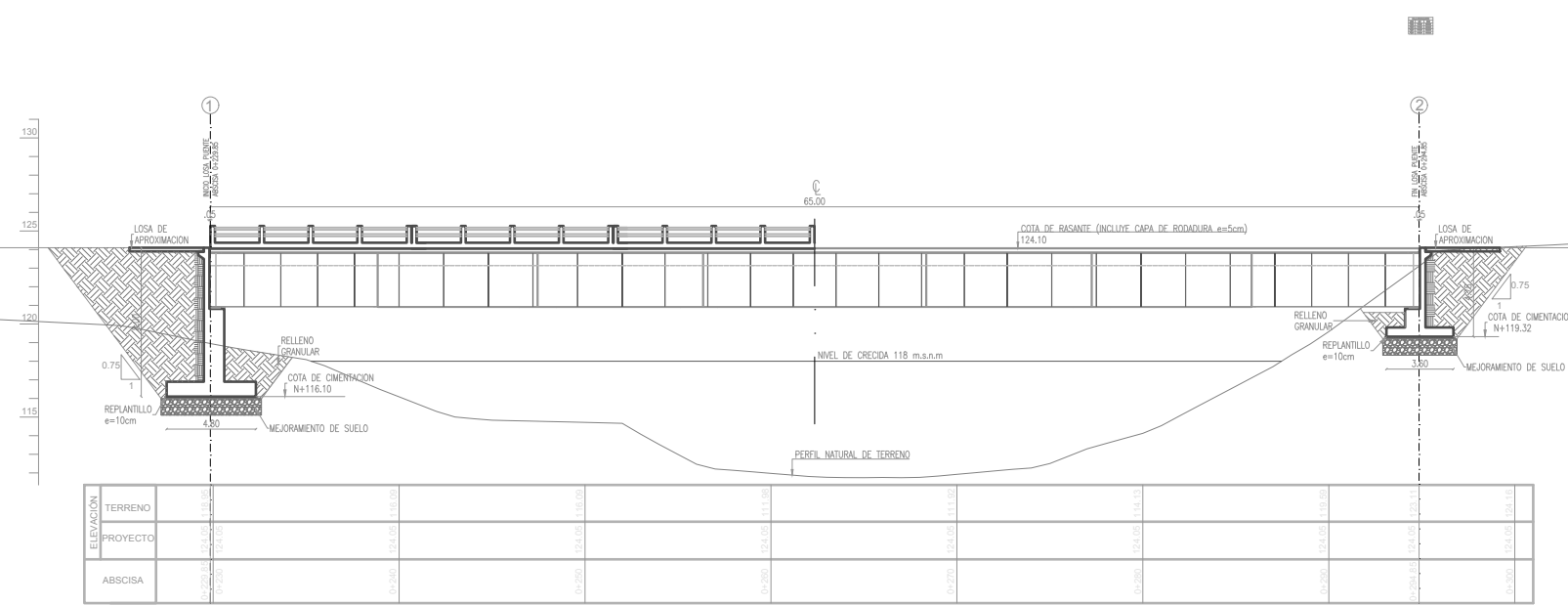
CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f= 280 kg/cm ²	m ³	153.7
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	19096.46
Hormigón asfáltico e=5cm	m ²	488.00
Barandas metálicas Acero A36, D=120mm, e=4mm	ml	280.00
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	28



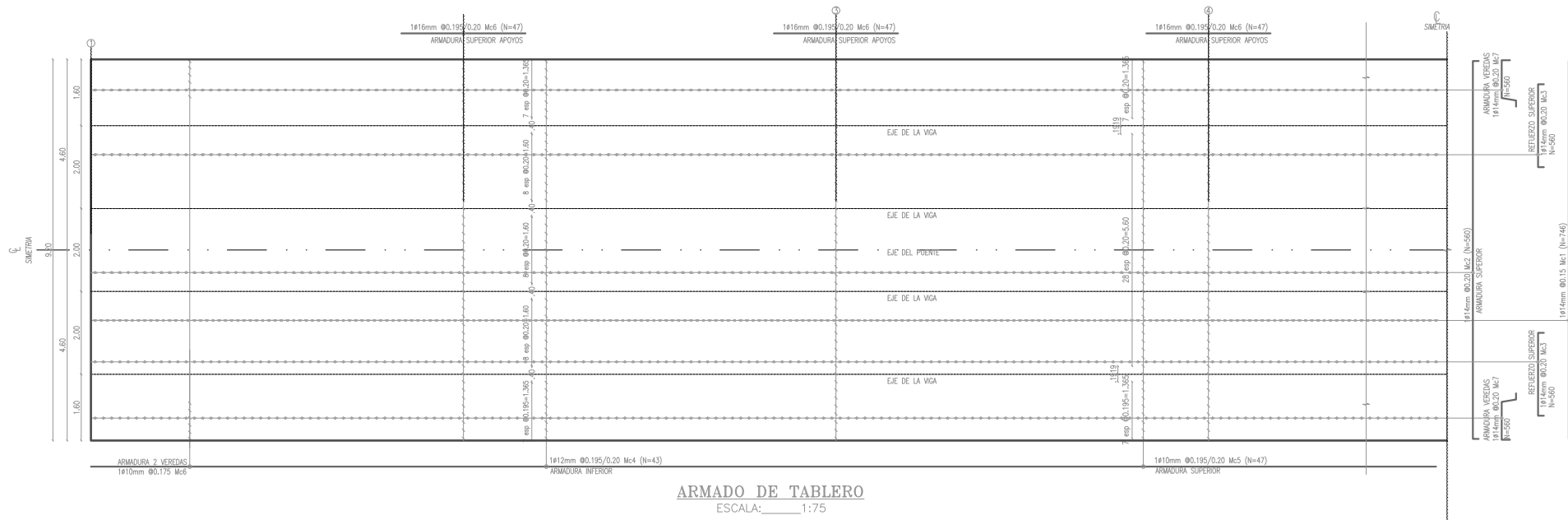
ARMADO TABLERO: SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



GEOMETRIA SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



ELEVACION	TERRENO	PROYECTO	ABSCISA
115.00	115.00	116.10	0+000
116.00	116.00	116.10	0+040
117.00	117.00	116.10	0+080
118.00	118.00	116.10	0+120
119.00	119.00	116.10	0+160
120.00	120.00	116.10	0+200
121.00	121.00	116.10	0+240
122.00	122.00	116.10	0+280
123.00	123.00	116.10	0+300



ARMADO DE TABLERO
ESCALA: 1:75

PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	a (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observaciones
			a	b	c	d					
1	I	14		9.10			9.10	746	4914.00	5936.11	
2	C	14	9.10	0.10			9.30	540	5022.00	6066.58	
3	C	14	2.00	0.10			2.20	1120	2376.00	2870.21	
4	I	12	116.05				116.05	43	6404.85	5687.51	traslape 45cm
5	I	10	115.60				115.60	47	6974.80	4303.45	traslape 40cm
6	C	16	3.00				3.00	611	1551.00	2447.88	apoyos
7	I	10	115.60				115.60	16	1070.40	660.44	traslape 40cm
8	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	1120	1944.00	1726.27	
9	C	16	1.32	0.15			1.62	600	797.04	1257.73	
10	O	10	0.18	0.18	0.10		0.92	1100	829.84	512.01	
									Total (kg)	33234.05	

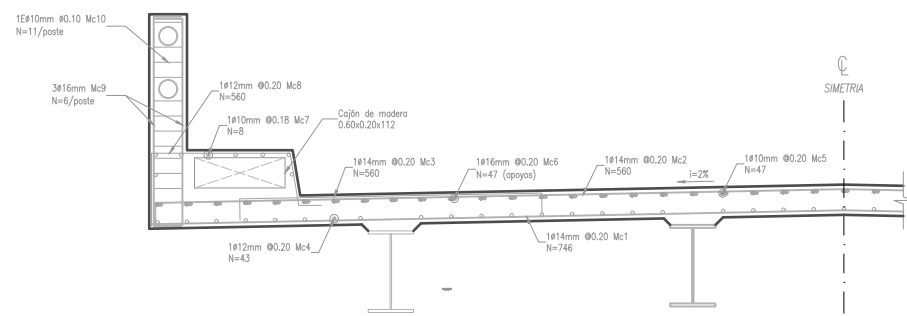
RESUMEN DE HIERRO												
φ (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32		
Long (m)	8294.80	7006.15	14460.60	2805.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	5117.89	6221.42	17468.40	4426.29	-	-	-	-	-	-	-	-

TIPO DE HIERROS

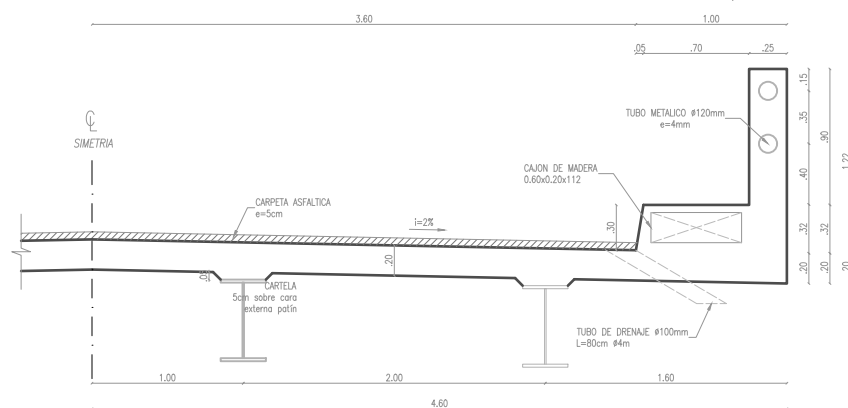
CANTIDADES DE MATERIAL TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c = 280 kg/cm²	m³	260.0
Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm²	kg	33234.05
Hormigón asfáltico e = 5cm	m²	806.40
Barandas metálicas Acero A36, D = 120mm, e = 4mm	ml	448.0
Junta de dilatación tipo JMA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	44.8

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

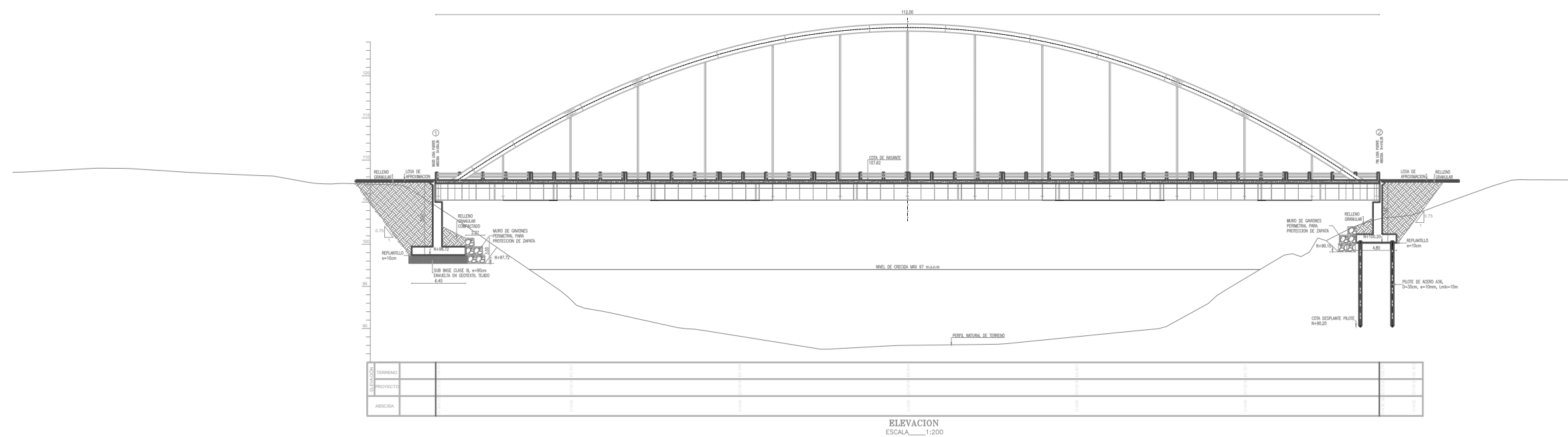
- CODIGO DE DISEÑO: AASHTO LRFD 2010
- CARGA DE DISEÑO: HL-93K, HL93M
- HORMIGON ESTRUCTURAL PARA TABLERO Y POSTES: f'c = 280kg/cm² A LOS 28 DIAS
- ACERO DE REFUERZO: ASTM A615 CON LIMITE DE FLUENCIA MINIMO DE fy=4200 kg/cm²
- TRASLAPES Y DOBLES DEL ACERO DE REFUERZO CUMPLE CON LA ESPECIFICACION AASHTO LRFD 2010 ó ACI 318-10
- PERFIL ESTRUCTURAL CIRCULAR PARA BARANDAS DE PROTECCION: ASTM A36 GALVANIZADO, Ø120mm, e = 4mm
- TUBO PVC PARA DRENAJE: Ø100mm
- RECURRIMIENTO MINIMO DE ACERO TABLERO CARA SUPERIOR: 4cm
- RECURRIMIENTO MINIMO DE ACERO TABLERO CARA INFERIOR: 3cm
- LAS VEREDAS, POSTES, BARANDAS Y CAPA DE RODADURA SE COLOCARAN UNA VEZ QUE EL HORMIGON DEL TABLERO HAYA ALCANZADO EL 100% DE SU RESISTENCIA A LOS 28 DIAS
- NO SE FUNDIRA LA PARTE SUPERIOR DE LA PANTALLA NI TABLERO HASTA COLOCAR LA JUNTA DE DILATACION



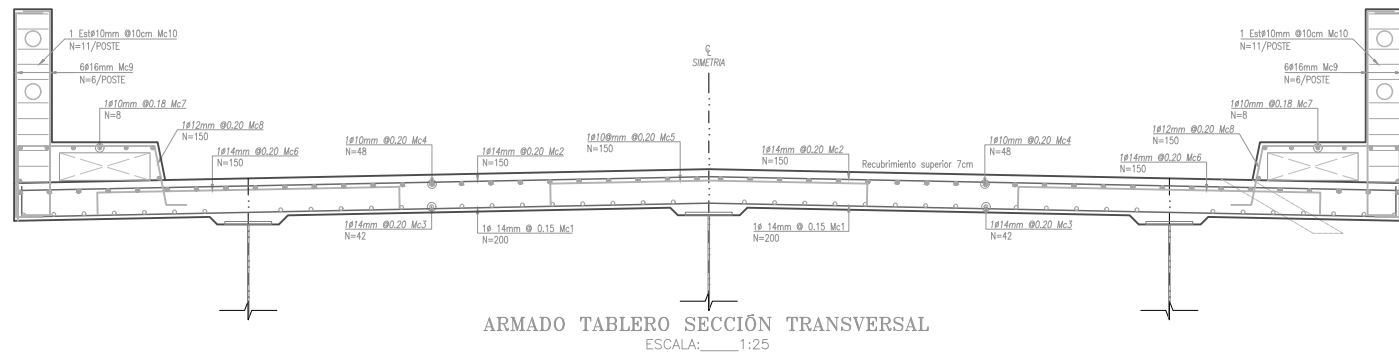
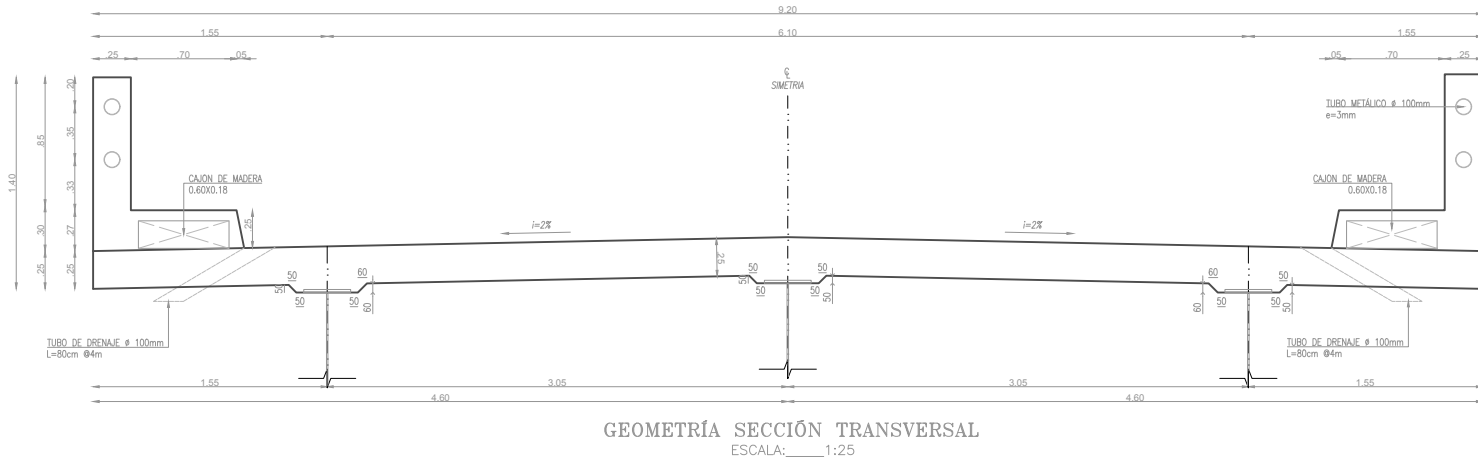
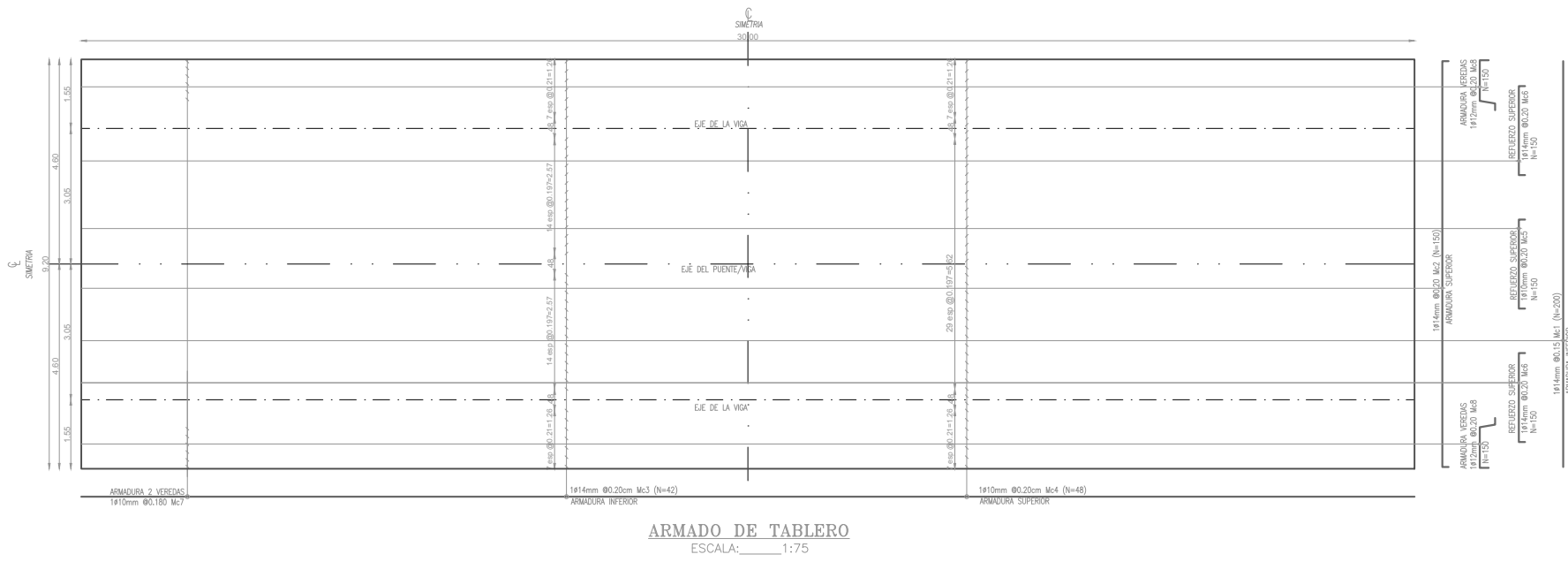
ARMADO TABLERO: SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



GEOMETRIA SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



ELEVACION
ESCALA: 1:200

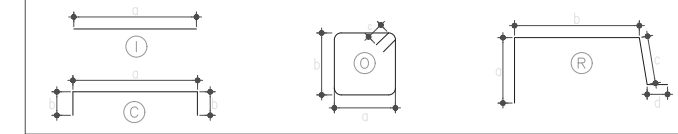


PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES

Mc	Tipo	a (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observaciones
			a	b	c	d					
1	I	14	9.10				9.10	313	2848.30	3440.75	
2	C	14	9.10	0.10			9.30	235	2185.50	2640.08	
3	I	14	48.90				48.90	42	2053.80	2480.99	traslape 50cm
4	I	10	48.50				48.50	48	2328.00	1436.38	traslape 40cm
5	C	10	2.00	0.10			2.20	235	517.00	318.99	
5A	C	14	2.00	0.10			2.20	470	1034.00	1249.07	
6	I	10	48.50				48.50	16	776.00	478.79	
7	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	470	846.00	751.25	
8	C	16	1.32	0.15			1.62	240	388.80	613.53	
9	O	10	0.18	0.18	0.10		0.92	440	404.80	249.76	
									Total (kg)	13659.59	

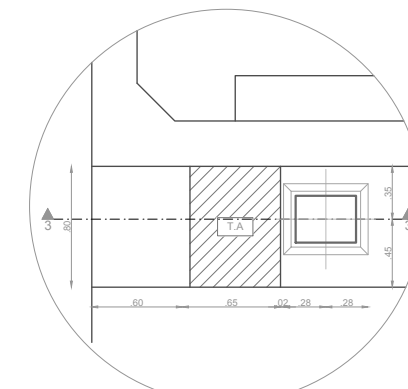
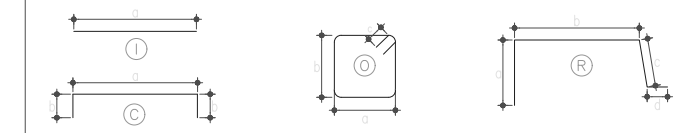
RESUMEN DE HIERRO

φ (mm)	10	12	14	16	18	20	20	22	25	28	32
Long (m)	4025.80	846.00	8121.60	388.80	-	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	2483.92	751.25	9810.89	613.53	-	-	-	-	-	-	-

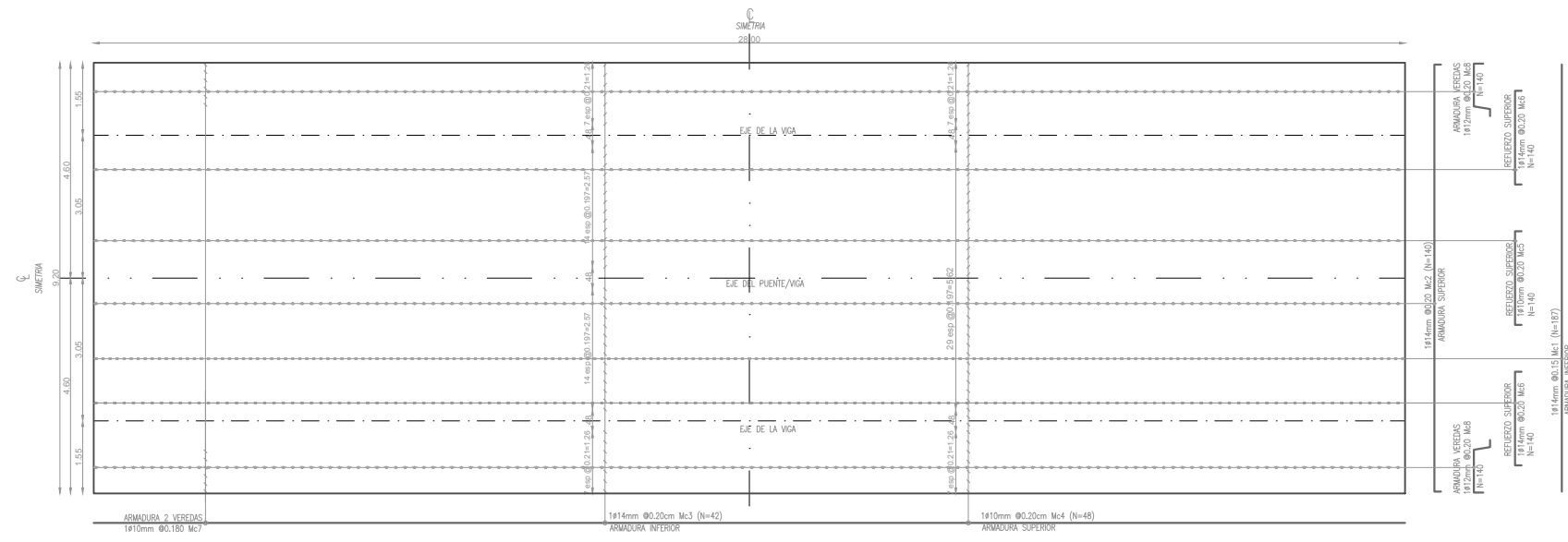


CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO

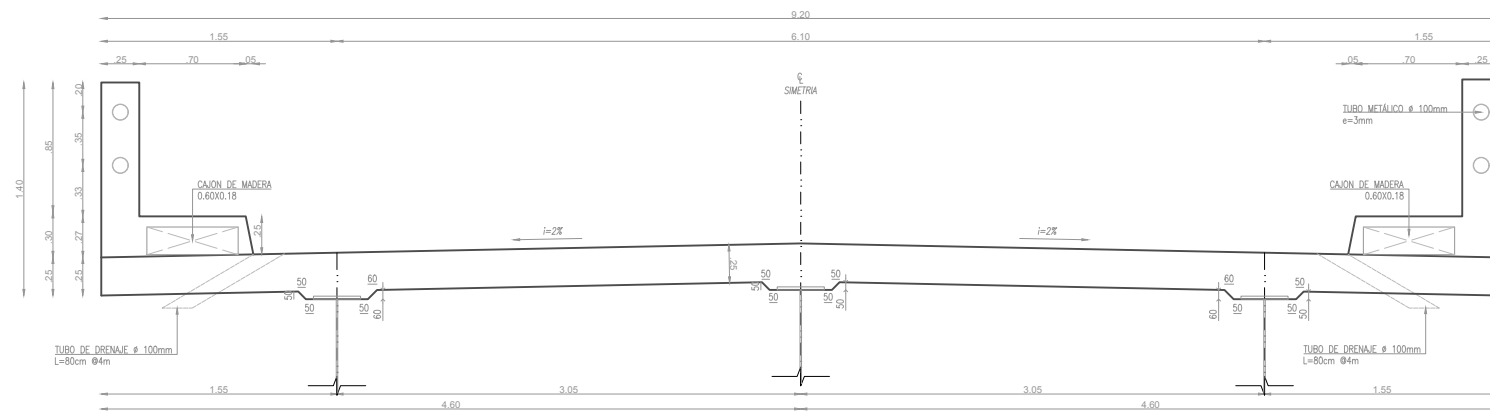
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 280 kg/cm ²	m ³	132.45
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	13659.59
Barandas metálicas Acero A36, D=120mm, e=4mm	ml	188
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	19



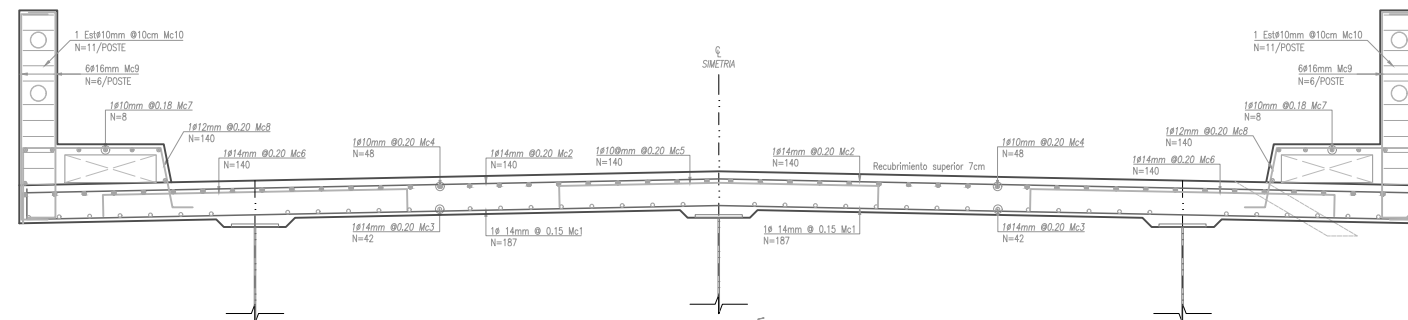
GEOMETRÍA TRABA SÍSMICA PLANTA
ESCALA: 1:25



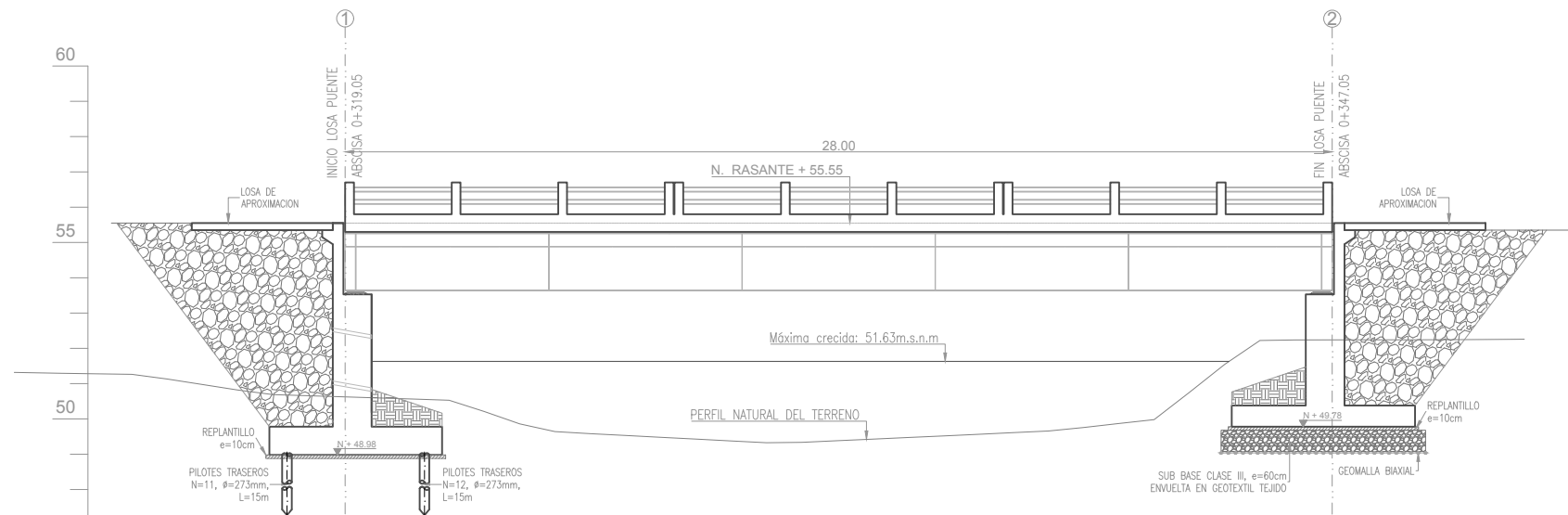
ARMADO DE TABLERO
ESCALA: 1:75



GEOMETRÍA SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



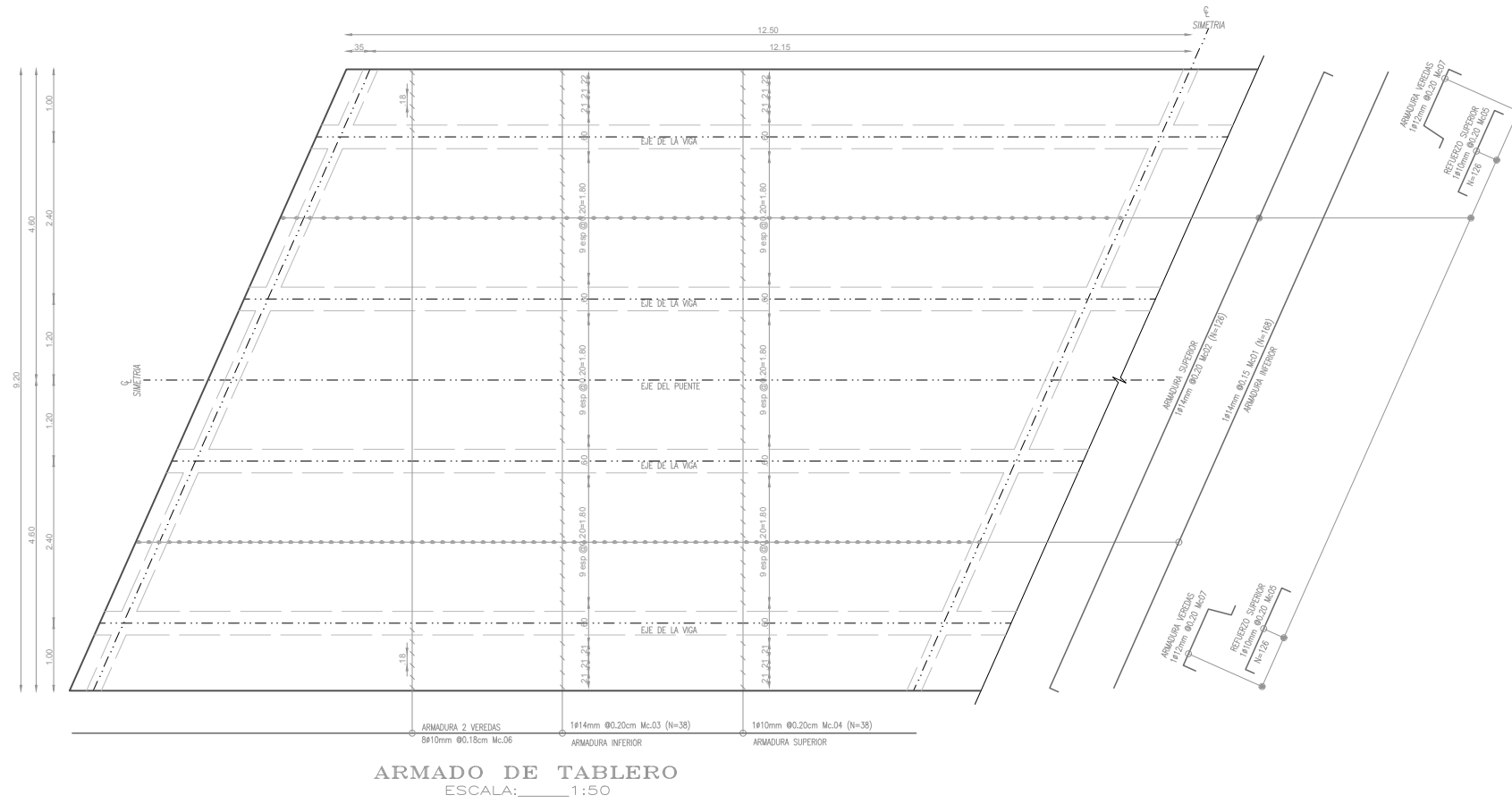
ARMADO TABLERO SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	e (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c	d					
1	I	14	9.10			9.10	187	1701.70	2055.65		
2	C	14	9.10	0.10		9.30	140	1302.00	1572.82		
3	I	14	29.00			29.00	42	1218.00	1471.34	trastape 50cm	
4	I	10	28.80			28.80	48	1382.40	852.94	trastape 40cm	
5	C	10	2.00	0.10		2.20	140	308.00	190.04		
6	C	14	2.00	0.10		2.20	280	616.00	744.13		
7	I	10	28.80			28.80	16	460.80	284.31	trastape 40cm	
8	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	280	504.00	447.55	
9	C	16	1.32	0.15		1.62	25	39.85	62.89		
10	O	10	0.18	0.18	0.10	0.72	264	190.08	117.28		
									Total (kg)	7798.95	

RESUMEN DE HIERRO										
ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	2341.28	504.00	4837.70	39.85	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	1444.57	447.55	5843.94	62.89	-	-	-	-	-	-

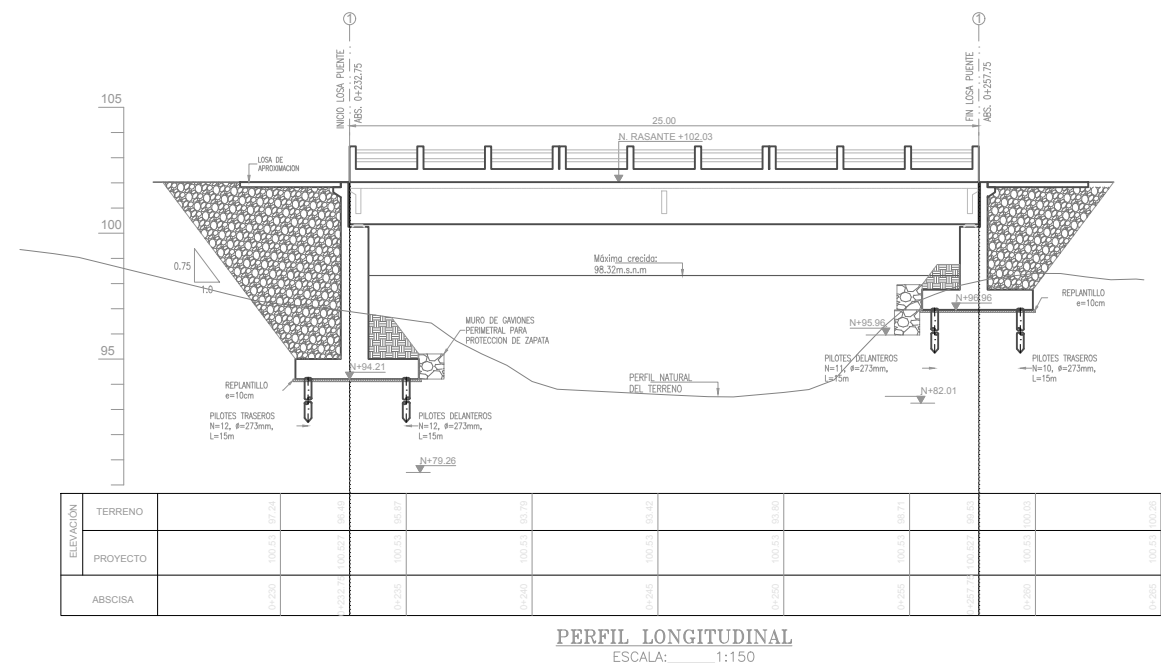
CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f' = 280 kg/cm ²	m ³	84.36
Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm ²	kg	7798.95
Barandas metálicas Acero A36, D=120mm, e=4mm	ml	112
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	12.80



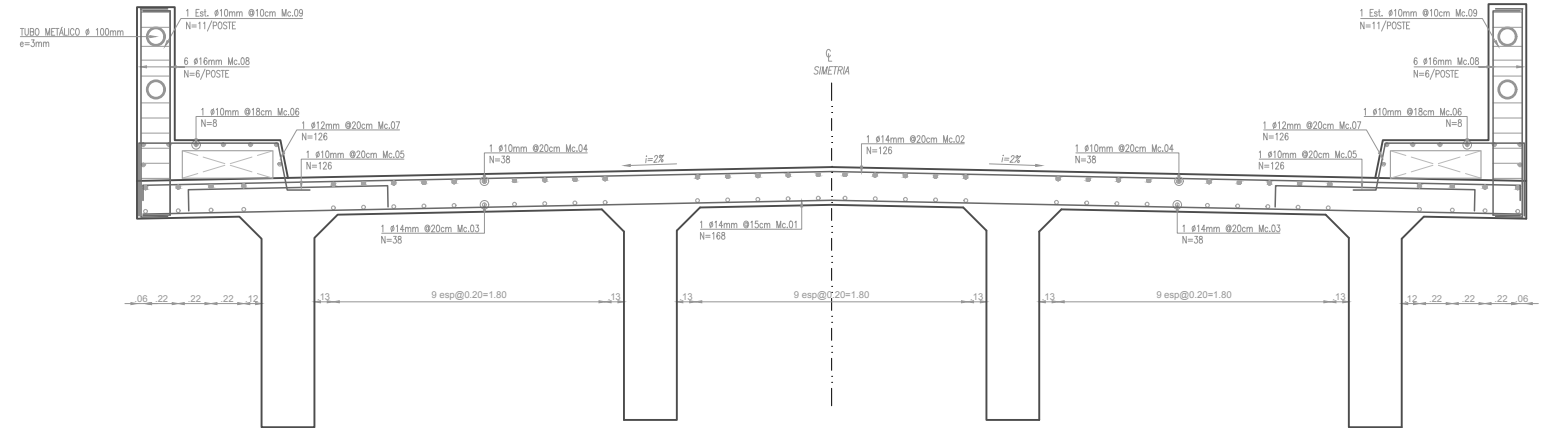
PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c	d					
1	I	14	9.96				9.96	168	1673.78	2021.93	
2	C	14	9.96	0.10			10.16	126	1280.53	1546.89	
3	I	14	25.90				25.90	38	984.20	1188.91	traslape 50cm
4	I	10	25.90				25.90	38	976.60	602.56	traslape 40cm
5	C	10	1.53	0.10			1.73	252	436.66	269.42	
6	I	10	25.90				25.90	16	411.20	253.71	traslape 40cm
7	R	12	0.45	0.93	0.35	0.15	1.88	252	473.91	420.83	
8	C	16	1.32	0.15			1.62	144	233.28	368.12	
9	O	10	0.18	0.10			0.72	220	158.40	97.73	
								Total (kg)	6770.10		

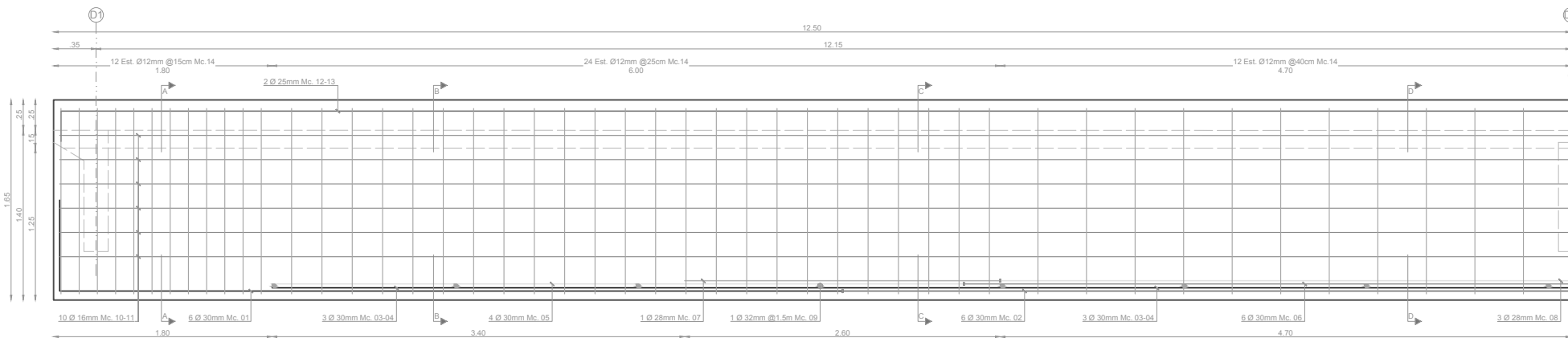
RESUMEN DE HIERRO										
Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	1982.86	473.91	3938.51	233.28	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	1223.42	420.83	4757.72	368.12	-	-	-	-	-	-

CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón F= 280 kg/cm ²	m ³	75.47
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	6770.10
Barandas metálicas Acero A36, Ø=100mm, e=4mm	m	100
Junta de dilatación tipo JNA 50	m	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	m	11.20



ELEVACION	TERRENO	PROYECTO	ABSCISA
105			
100			
95			





ARMADO DE VIGA
ESCALA: 1:25

Table: PLANILLA DE HIERROS VIGAS. Lists reinforcement types, dimensions, lengths, and weights for various beam sections.

Table: PLANILLA DE HIERROS DIAFRAGMAS. Lists reinforcement types, dimensions, lengths, and weights for diaphragms.

Table: RESUMEN DE HIERRO. Summary table for steel reinforcement quantities.

TIPO DE HIERROS: Diagrams of reinforcement shapes.
CANTIDADES DE MATERIALES VIGAS Y DIAFRAGMAS: Table of material quantities for beams and diaphragms.

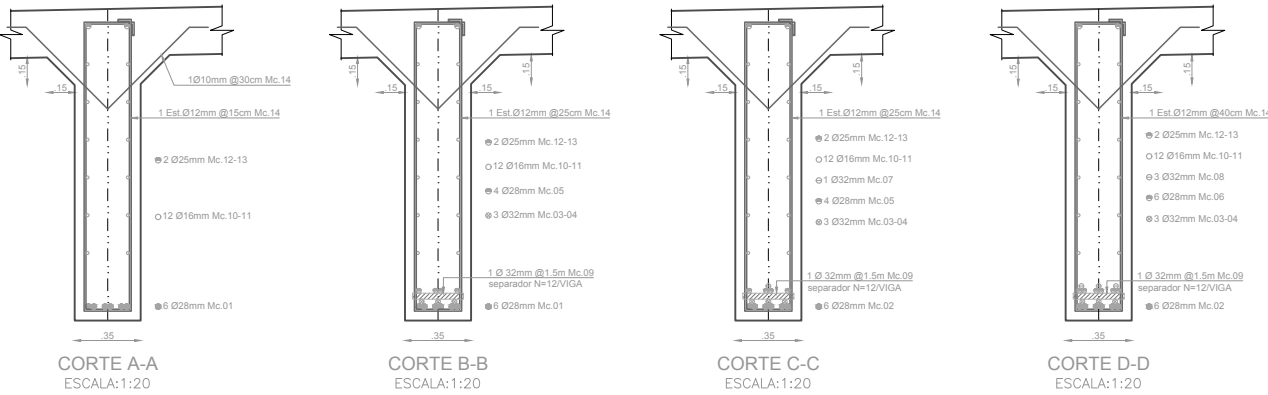
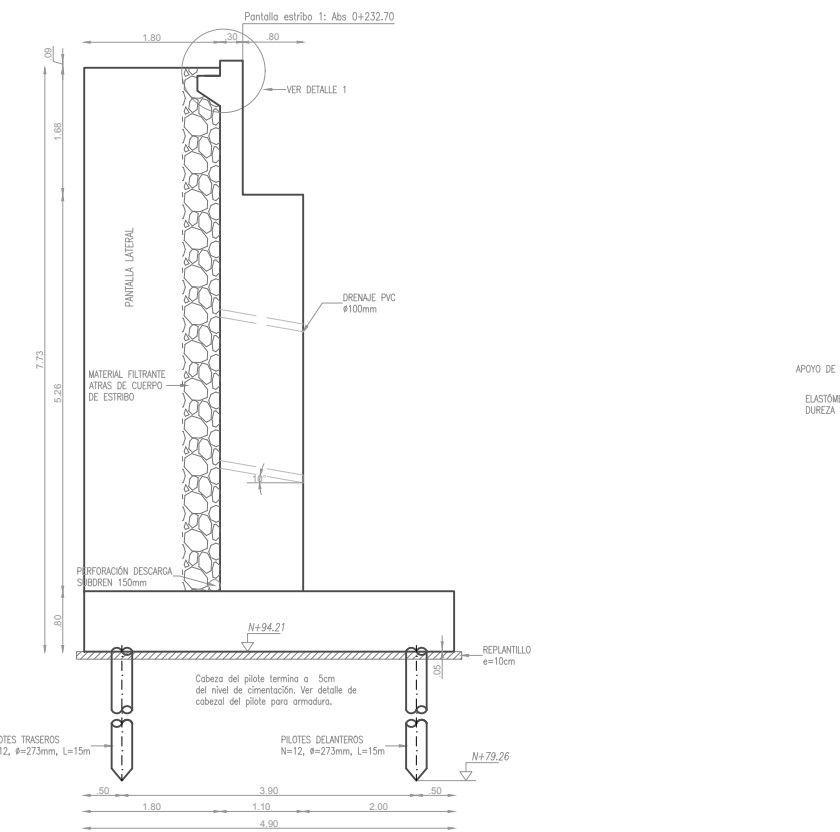


Table: PLANILLA DE HIERROS ESTRIBO IZQUIERDO. Lists reinforcement types, dimensions, lengths, and weights for left-side stirrups.

Table: PLANILLA DE HIERROS ESTRIBO DERECHO. Lists reinforcement types, dimensions, lengths, and weights for right-side stirrups.



GEOMETRÍA DEL ESTRIBO
CORTE A-A
Escala: 1:50



NEPRENO DE APOYO
PLANTA
ESCALA: 1:15

Table: CABEZALES PILOTES (Izquierdo). Lists dimensions and quantities for pilot head reinforcement.

Table: CABEZALES PILOTES (Derecho). Lists dimensions and quantities for pilot head reinforcement.

Table: RESUMEN DE HIERRO (ESTRIBO IZQUIERDO). Summary table for left-side stirrup reinforcement.

Table: RESUMEN DE HIERRO (ESTRIBO DERECHO). Summary table for right-side stirrup reinforcement.

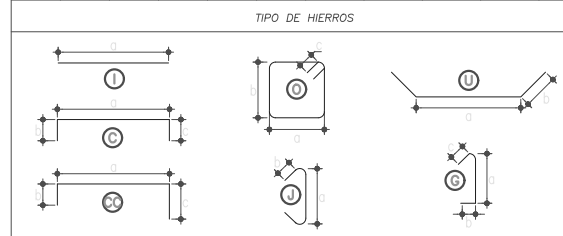


Table: CANTIDADES DE MATERIALES 1 ESTRIBO (Izquierdo). Material quantities for one left-side stirrup.

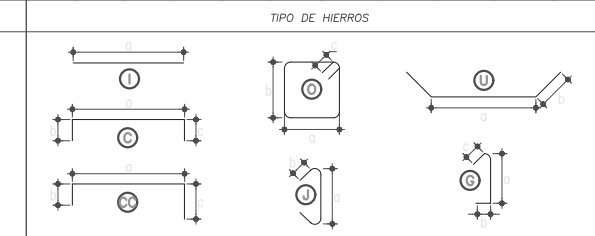
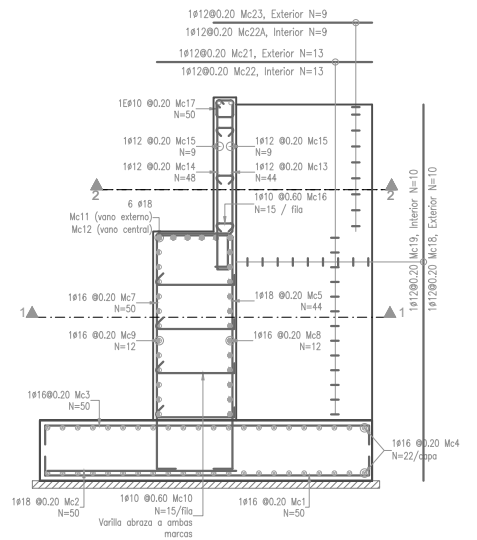
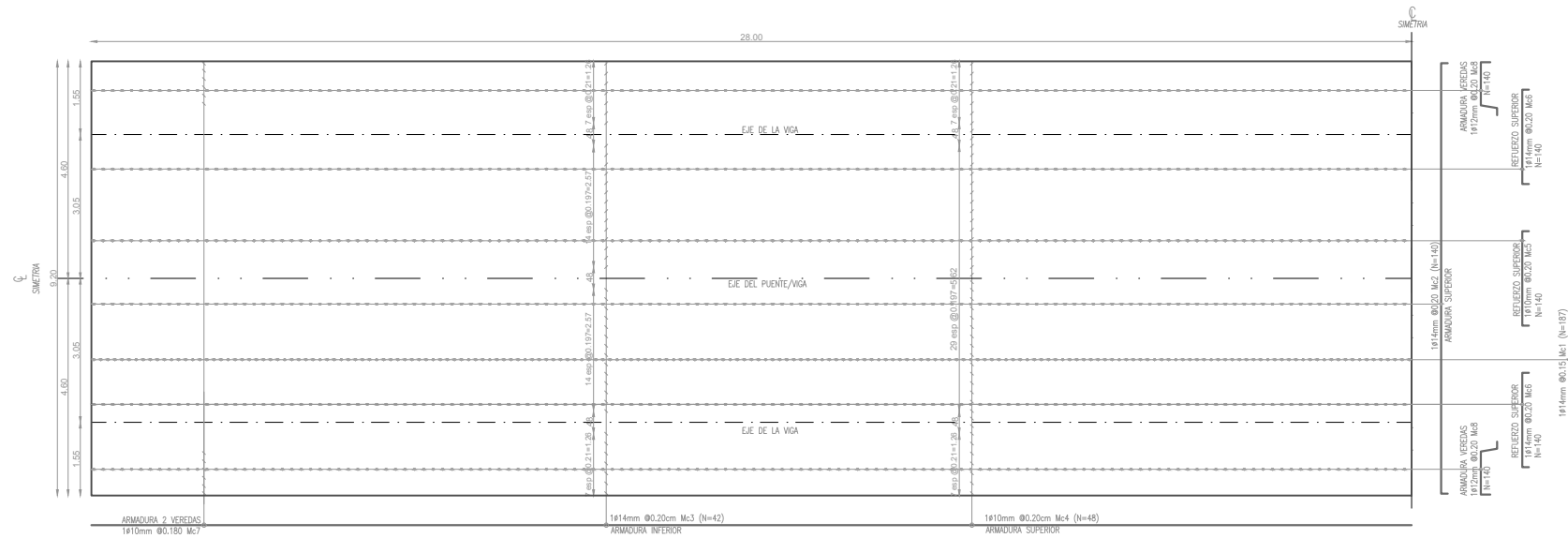


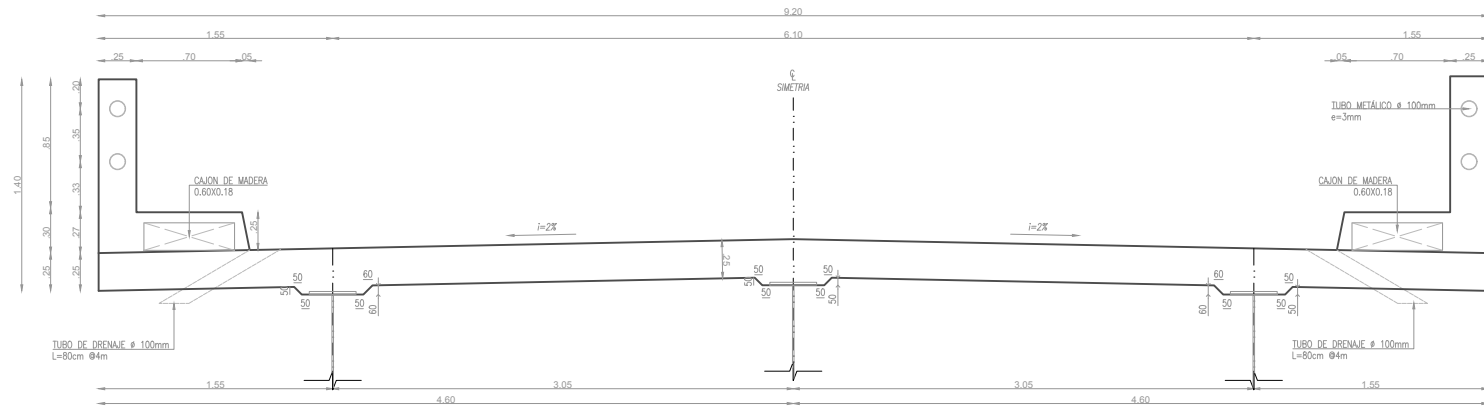
Table: CANTIDADES DE MATERIALES 1 ESTRIBO (Derecho). Material quantities for one right-side stirrup.



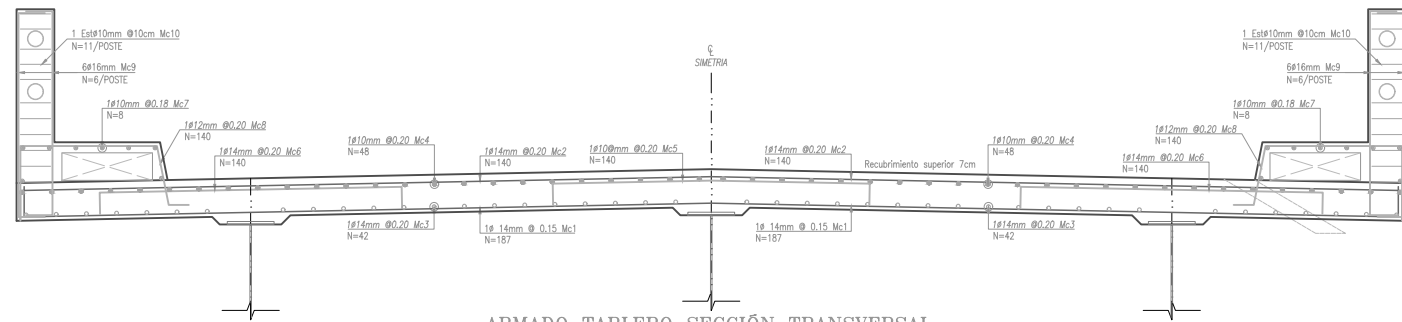
ARMADO ESTRIBO
CORTE A-A
ESCALA: 1:50



ARMADO DE TABLERO
ESCALA: 1:75



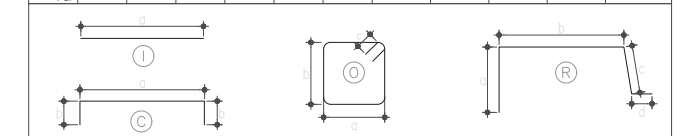
GEOMETRÍA SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



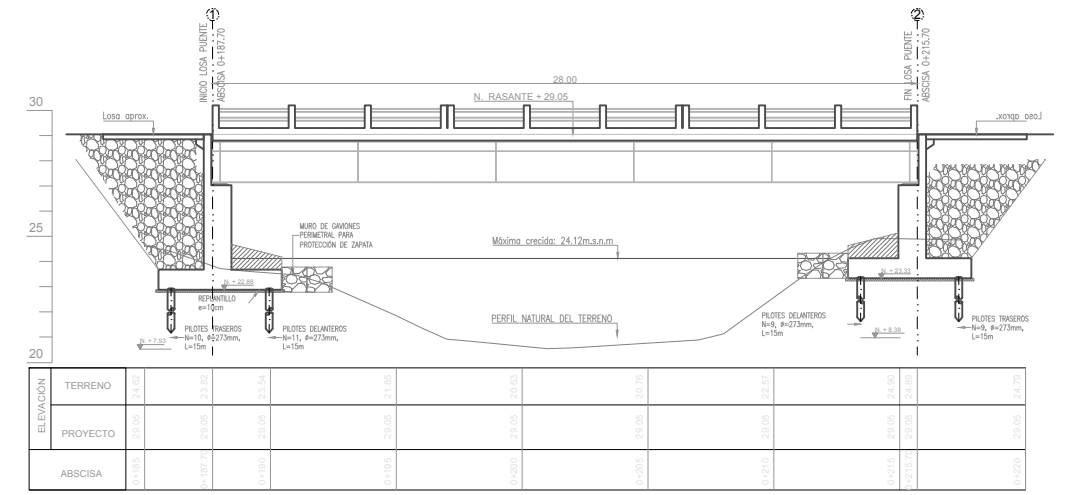
ARMADO TABLERO SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25

PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES												
Mc	Tipo	ø (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.	
			a	b	c	d						
1	I	14	9.10				9.10	187	1701.70	2055.65		
2	C	14	9.10	0.10			9.30	140	1302.00	1572.82		
3	I	14	29.00				29.00	42	1218.00	1471.34	traslape 50cm	
4	I	10	28.80				28.80	48	1382.40	852.94	traslape 40cm	
5	C	10	2.00	0.10			2.20	140	308.00	190.04		
6	C	14	2.30	0.10			2.20	280	616.00	744.13		
7	I	10	28.80				28.80	16	460.80	284.11	traslape 40cm	
8	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	280	504.00	447.55		
9	C	16	1.32	0.15			1.62	144	233.28	368.12		
10	O	10	0.18	0.18	0.10		0.72	264	190.08	117.28		
									Total (kg)	8104.18		

RESUMEN DE HIERRO											
φ (mm)	10	12	14	16	18	20	20	22	25	28	32
Long (m)	2341.28	504.00	4837.70	233.28	-	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	1444.57	447.55	5843.94	368.12	-	-	-	-	-	-	-

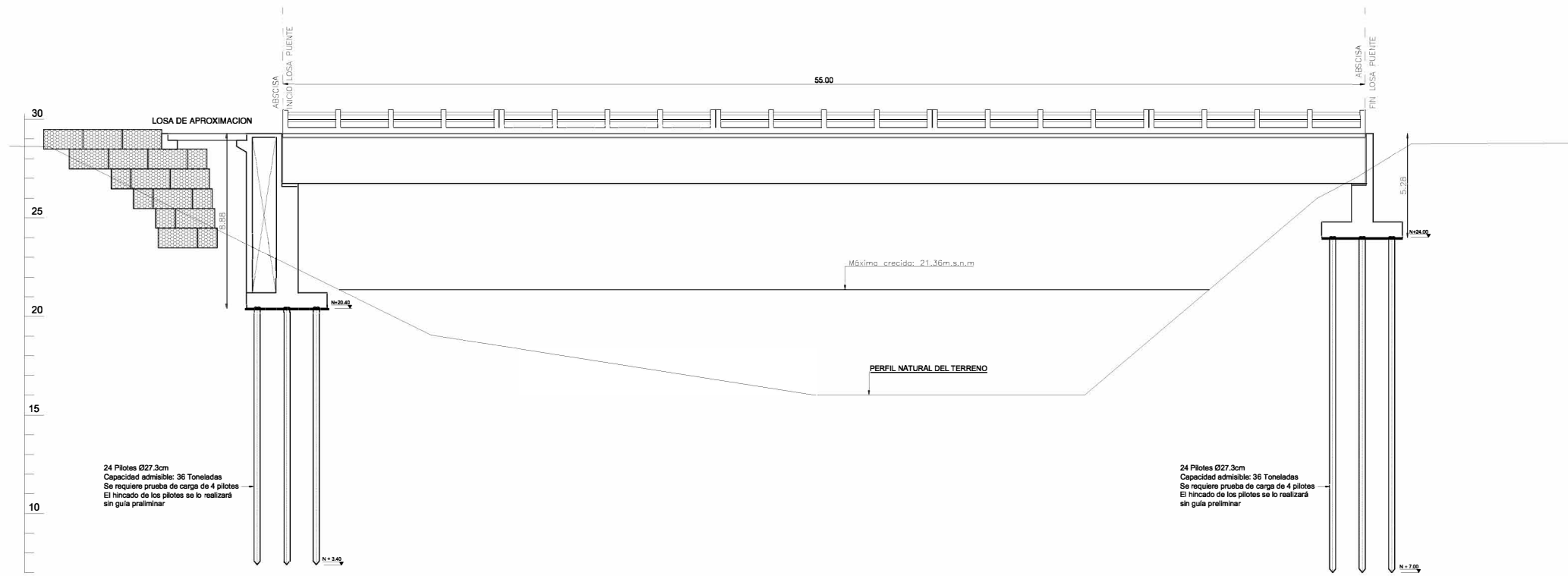
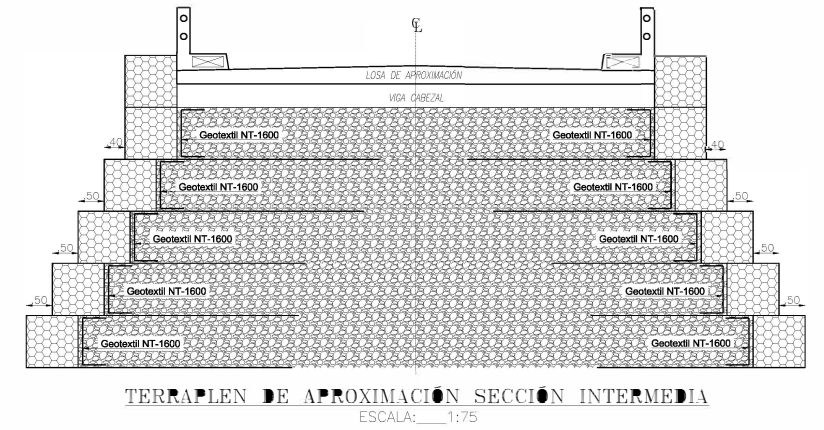
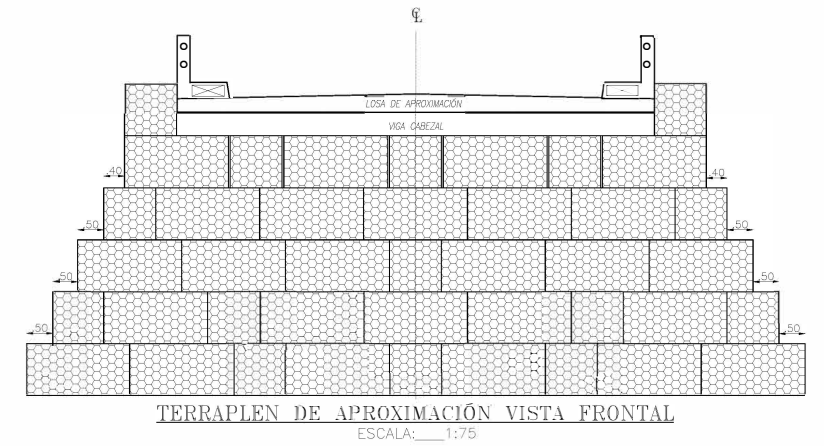
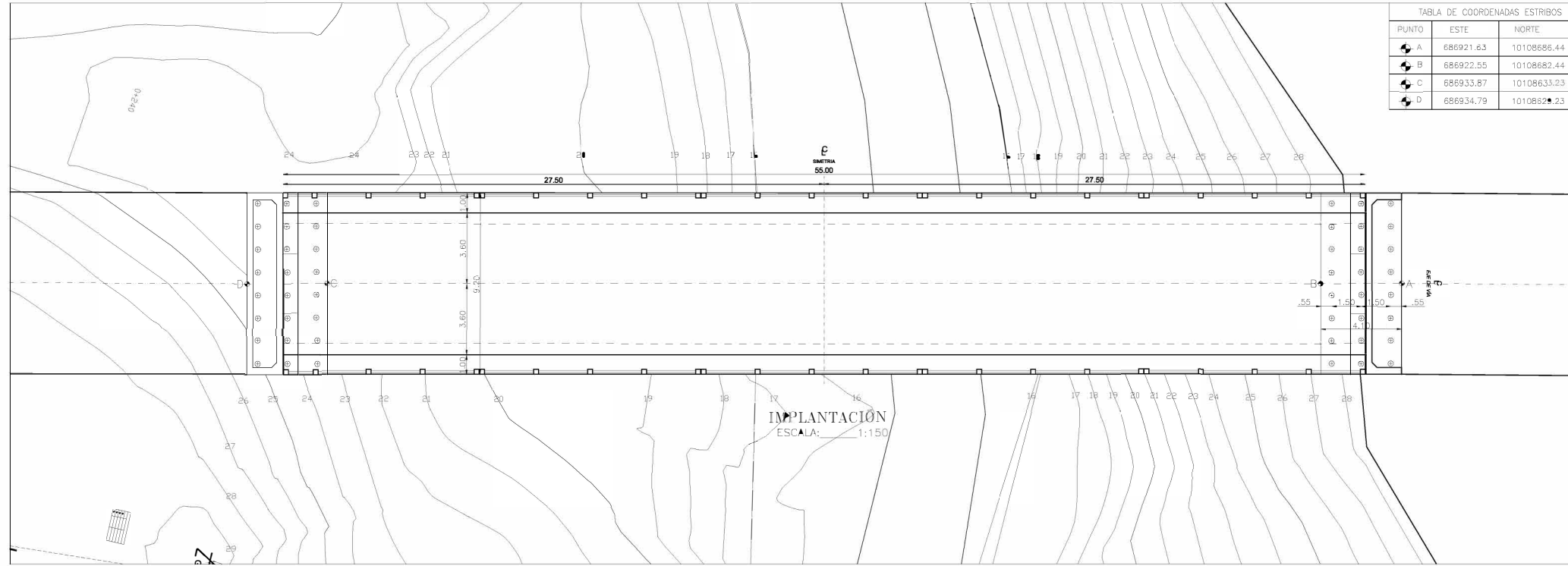


CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f= 280 kg/cm ²	m ³	84.36
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	8104.18
Barandas metálicas Acero A36, D=120mm, ø=4mm	ml	112
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	11.2



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: 1:150

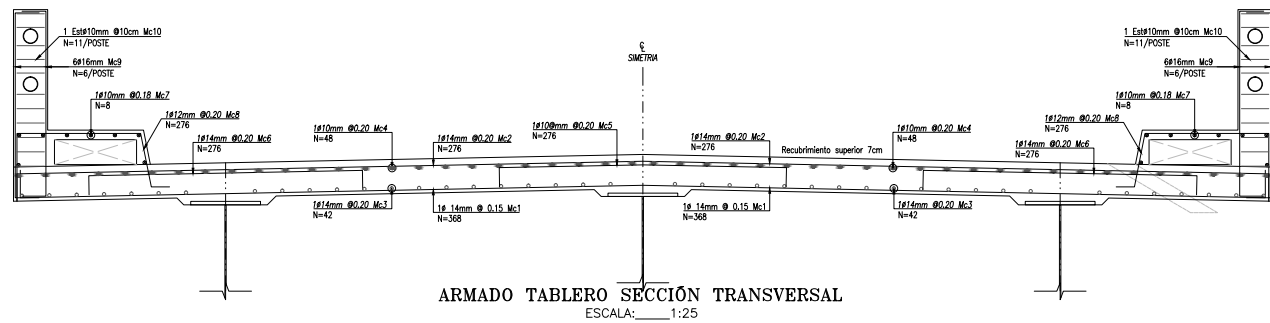
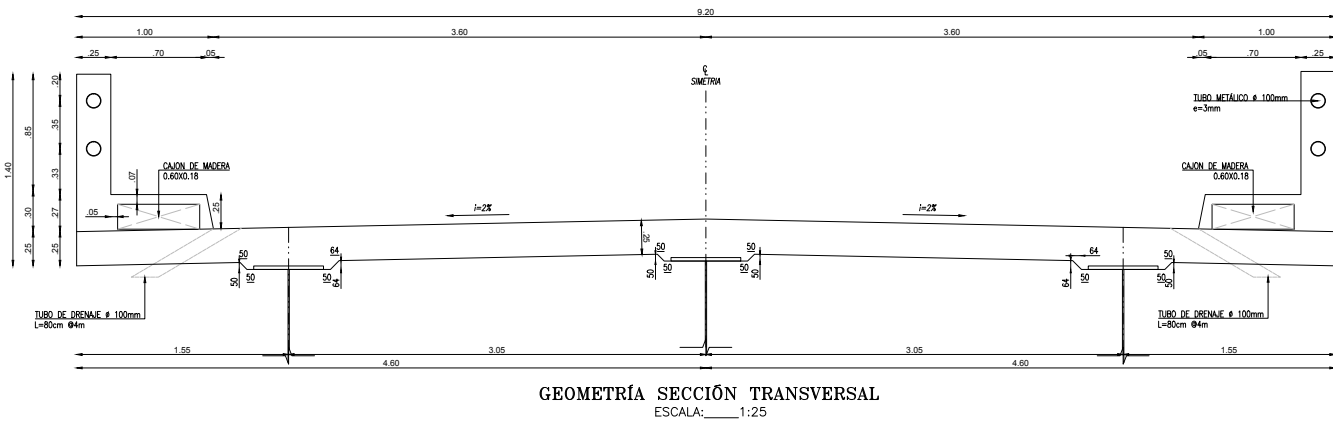
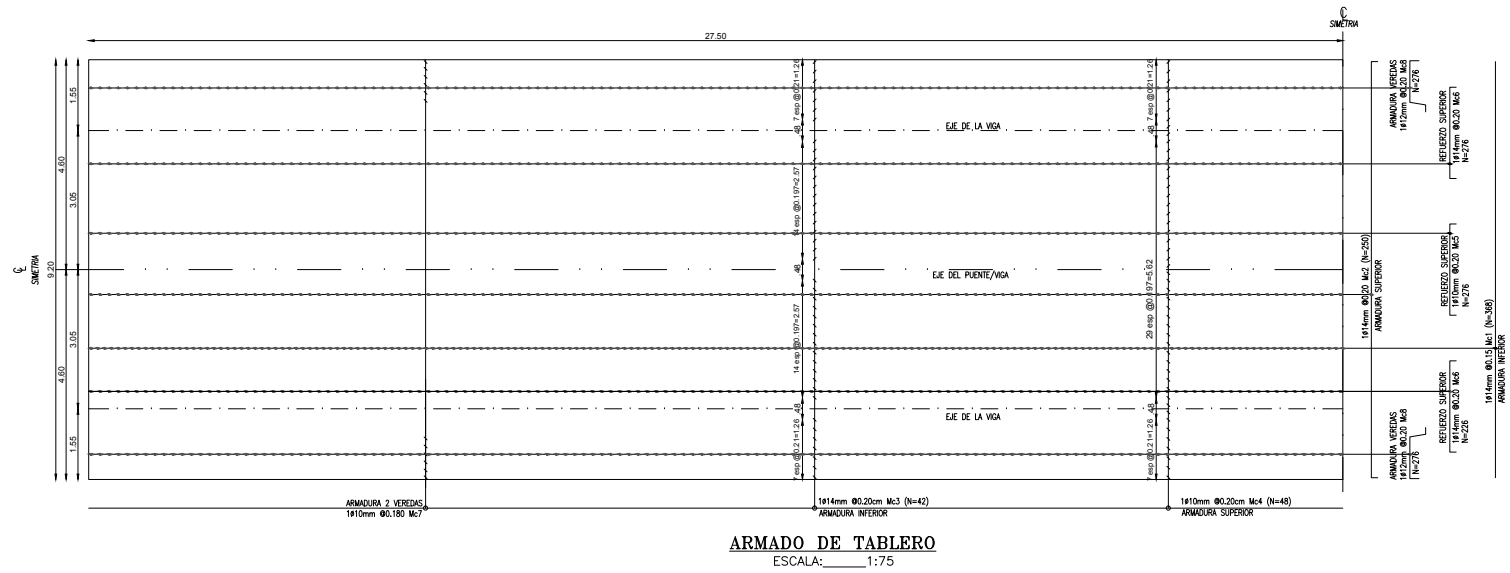
ELEVACION	ABSCISA	TERRENO	PROYECTO
29.00	0+185	24.02	24.02
28.00	0+187.75	23.02	23.02
27.00	0+190	23.54	23.54
26.00	0+195	21.05	21.05
25.00	0+200	20.83	20.83
24.00	0+205	20.70	20.70
23.00	0+210	22.07	22.07
22.00	0+215	24.80	24.80
21.00	0+215.7	24.89	24.89
20.00	0+220	23.02	23.02



ELEVACIÓN	TERRENO	PROYECTO	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28
ABSCISA																

PERFIL LONGITUDINAL NUEVA IMPLANTACION PUENTE OSTIONES
ESCALA: 1:150

Rubro	INFRAESTRUCTURA		
307-2(2)	Excavación en suelo	m3	236.00
307-2(2)	Relleno con material seleccionado	m3	180.00
227-2(1)	Geomalla biaxial	m2	
227-2(2)	Geotextil tejido	m2	
403-1	Subbase clase III	m3	11.52
405-8(2)	Malla electrosoldada de refuerzo R150x150x8	m2	57.60
501(5)	Suministro de pilotes de acero estructural cédula 40, D=273mm, e=9.27mm, L=17m	ml	816.00
501(10)	Hincado de pilotes de acero estructural, L15m	ml	816.00
505(2)	Tapas para pilotes D=244mm, e=4mm, ASTM A36	kg	85.16
503(2)	Hormigón estructural de cemento Portland Clase B (fc=240kg/cm2)	m3	207.44
503(6)	Hormigón estructural de cemento Portland Clase B (fc=180kg/cm2)	m3	9.00
504(1)	Acero de refuerzo de barras (fy= 4200kg/cm2)	kg	16,598.17
508(3)	Gaviones con cola recubrimiento de PVC	m3	133.00
606-1(1a)	Tubería para subdren D=150mm	ml	9.20
606-1(1b)	Geotextil para subdren	m2	5.00
606-1(2)	Material filtrante	m3	22.00
606-1(2)	Drenes horizontales para estribo φ=100mm	ml	-
Rubro	SUPERESTRUCTURA		
503(2)	Hormigón estructural de cemento Portland Clase B (fc=280kg/cm2)	m3	173.21
503(6)E	Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
504(1)	Acero de refuerzo de barras (fy= 4200kg/cm2)	kg	16,035.28
505(2)	Suministro de acero estructural ASTM A588 fy= 3500kg/cm2	kg	91,432.60
505(3)	Fabricación de acero estructural ASTM A588 fy= 3500kg/cm2	kg	91,432.60
505(4)	Montaje de acero estructural ASTM A588 fy= 3500kg/cm2	kg	91,432.60
505(2)	Suministro y fabricación de acero estructural ASTM A36 fy= 2520kg/cm2	kg	9,551.98
507(2)	Pintura de acero estructural	m2	1,057.22
503(7)E	Apoyos de neopreno Tipo Stup Dureza 60 (45x39x6.6cm)	u	6.00
607-6E	Tubo de PVC D=10cm para drenaje	ml	19.20
704-1(3)	Barandas de protección, D=4", e=3mm, acero galvanizado A36	ml	220.00



PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES

Mc	Tipo	a (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c	d				
1	I	14	9.10				9.10	368	3348.80	4045.35
2	C	14	9.10	0.10			9.30	276	2566.80	3100.69
3	I	14	57.30				57.30	42	2406.60	2907.17
4	I	10	56.90				56.90	48	2731.20	1885.15
5	C	10	2.00	0.10			2.20	276	607.20	374.64
6	C	14	2.00	0.10			2.20	552	1214.40	1467.00
7	I	10	56.90				56.90	16	910.40	561.72
8	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	552	993.60	882.32
9	C	16	1.32	0.15			1.62	300	486.00	766.91
10	O	10	0.18	0.18	0.10		0.72	550	396.00	244.33
								Total (kg)	16635.28	

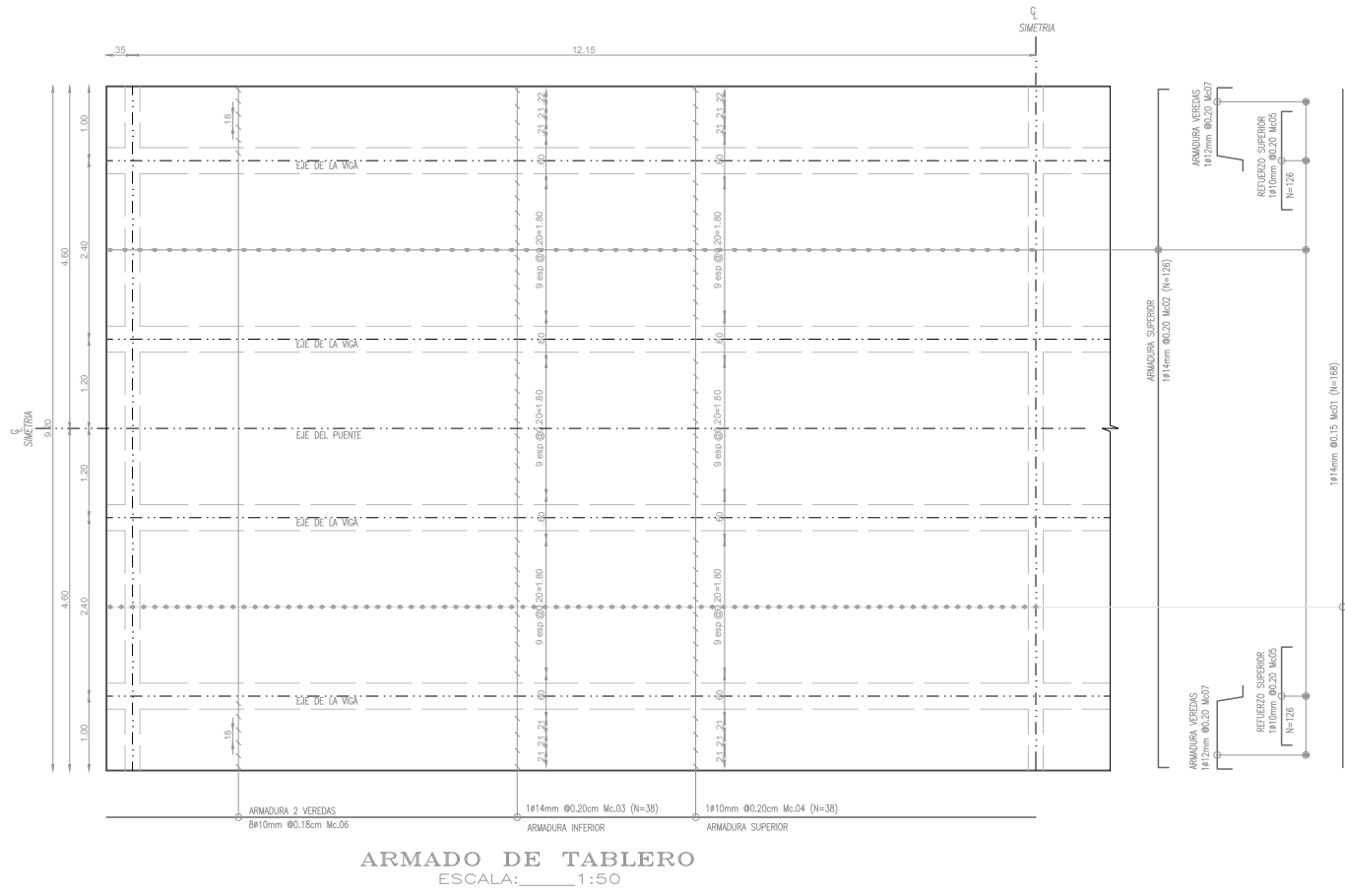
RESUMEN DE HIERRO

a (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	4644.80	993.60	9536.60	486.00	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	2865.84	882.32	11520.21	766.91	-	-	-	-	-	-

CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO

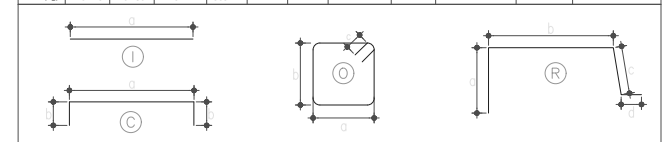
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	m ³	165.80
Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	16,035.28
Barandas metálicas Acero A36, D=120mm, e=4mm	mi	220
Junta de dilatación tipo JNA 50	mi	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	mi	23.50

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**
- CÓDIGO DE DISEÑO: AASHTO LRFD 2010
 - CARGA DE DISEÑO: HL-93K, HLBM
 - HORMIGÓN ESTRUCTURAL PARA TABLERO Y POSTES: $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ A LOS 28 DÍAS
 - ACERO DE REFUERZO: ASTM A615 CON LIMITE DE FLUENCIA MÍNIMO DE $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 - TRASLAPES Y DOBLES DEL ACERO DE REFUERZO CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN AASHTO LRFD 2010 a ACI 318-10
 - PERFIL ESTRUCTURAL CIRCULAR PARA BARANDAS DE PROTECCIÓN: ASTM A36 GALVANIZADO, Ø100mm, e=3mm
 - TUBO PVC PARA DRENAJE: Ø100mm
 - RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE ACERO TABLERO CARA SUPERIOR: 7cm
 - RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE ACERO TABLERO CARA INFERIOR: 3cm
 - LAS VEREDAS, POSTES, BARANDAS Y CAPA DE RODADURA SE COLOCARÁN UNA VEZ QUE EL HORMIGÓN DEL TABLERO HAYA ALCANZADO EL 100% DE SU RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS
 - NO SE FUNDIRÁ LA PARTE SUPERIOR DE LA PANTALLA NI TABLERO HASTA COLOCAR LA JUNTA DE DILATACIÓN

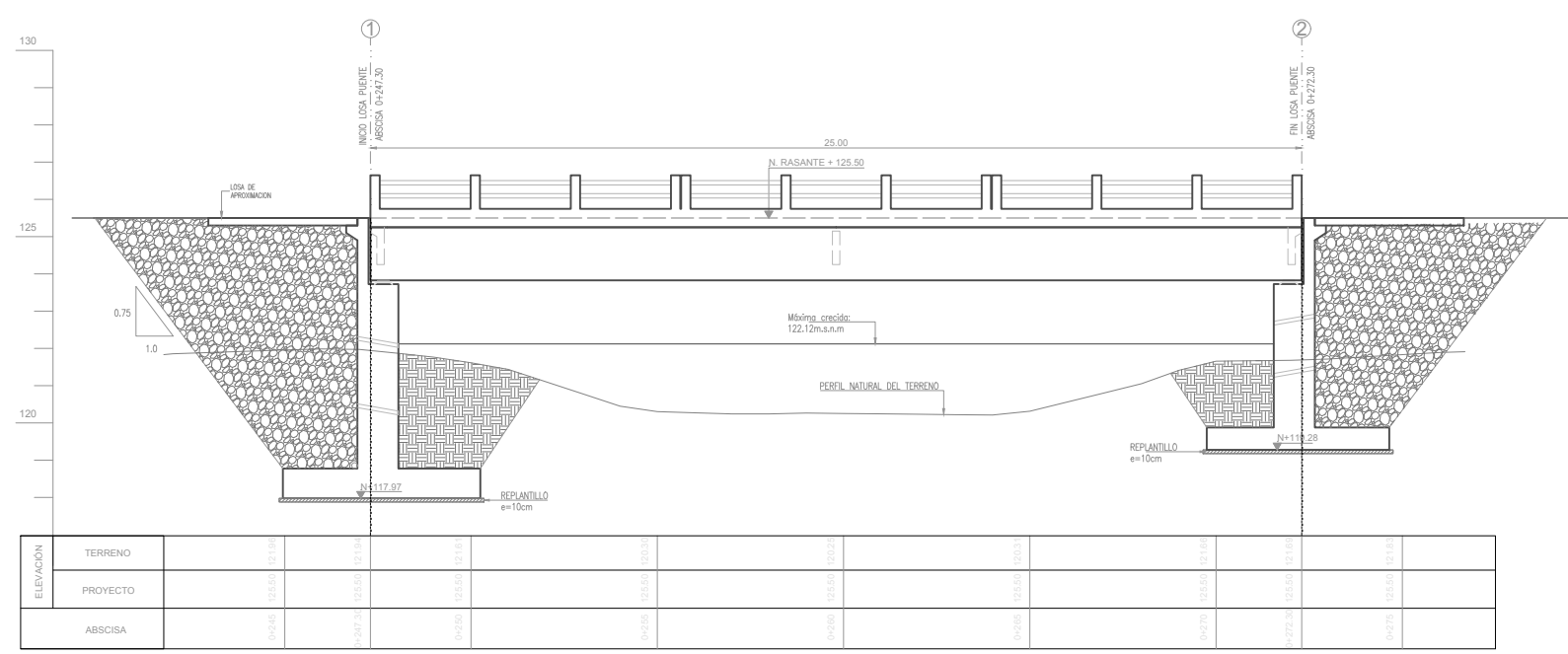


PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	φ (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c	d					
1	I	14	9.30			9.30	168	1528.80	1866.79		
2	C	14	9.30	0.10		9.30	126	1171.80	1415.53		
3	I	14	25.90			25.90	38	984.20	1188.91	traslape 50cm	
4	I	10	25.70			25.70	38	976.60	602.56	traslape 40cm	
5	C	10	1.40	0.10		1.60	252	403.20	248.77		
6	I	10	25.70			25.70	16	411.20	253.71	traslape 40cm	
7	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	453.60	402.80		
8	C	16	1.32	0.15		1.62	144	233.28	368.12		
9	D	10	0.18	0.18	0.10	0.72	220	158.40	97.73		
									Total (kg)	6424.93	

RESUMEN DE HIERRO										
φ (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	1949.40	453.60	3684.80	233.28	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	1202.78	402.80	4451.24	368.12	-	-	-	-	-	-

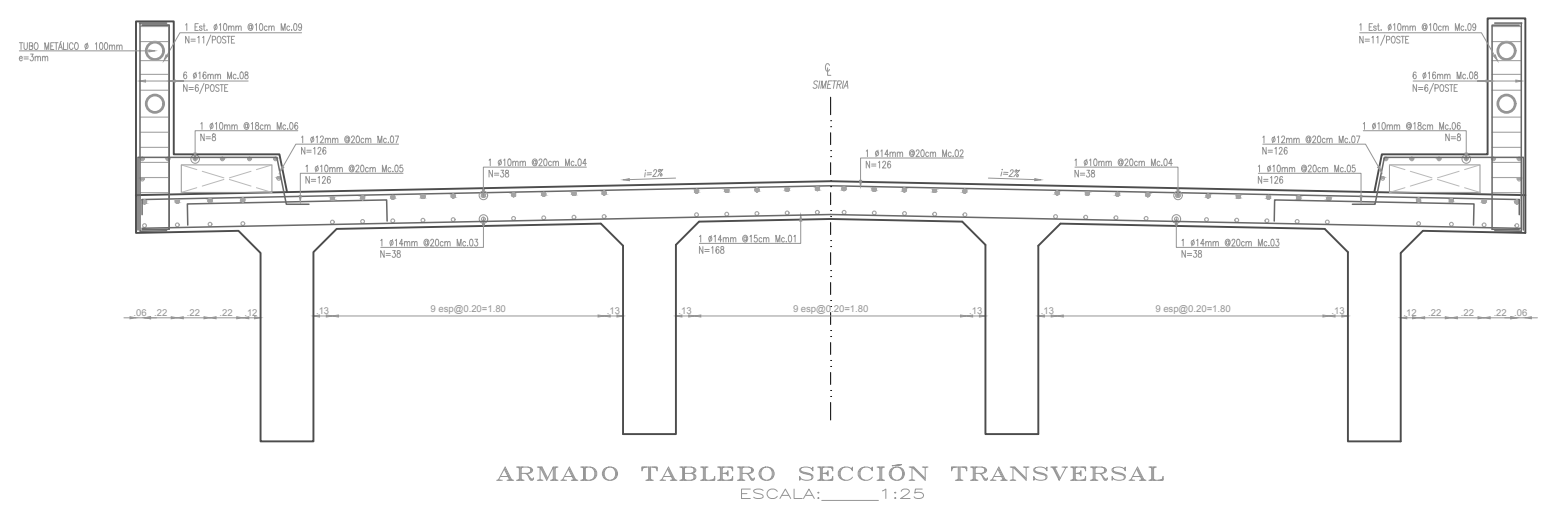


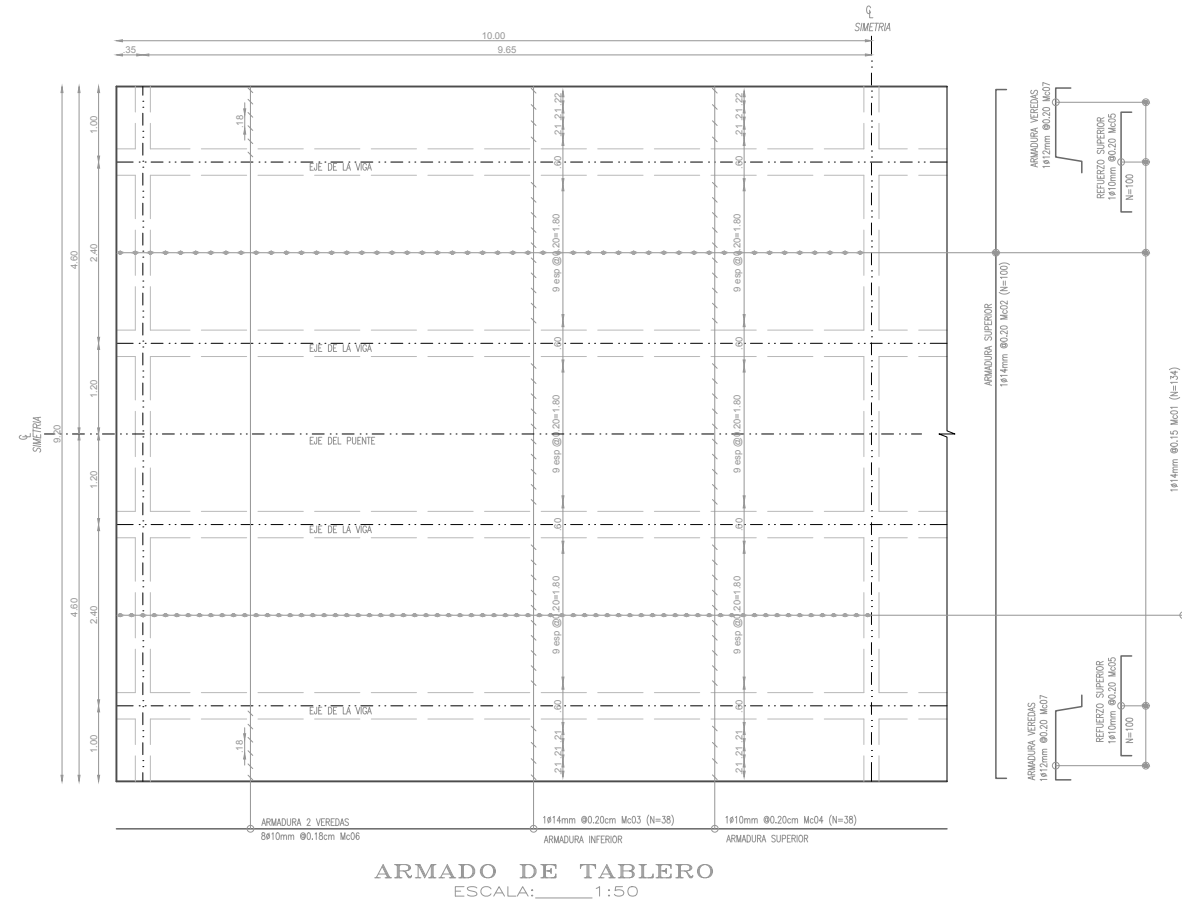
CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 280 kg/cm ²	m ³	75.25
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	6424.93
Barandas metálicas Acero A36, φ=100mm, e=4mm	mt	100
Junta de dilatación tpo JNA 50	mt	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	mt	11.20



ELEVACION	ABSCISA									
	0+48	0+50	0+52	0+54	0+56	0+58	0+60	0+62	0+64	0+66
	125.10	125.10	125.10	125.10	125.10	125.10	125.10	125.10	125.10	125.10
TERRENO										
PROYECTO										
ABSCISA										

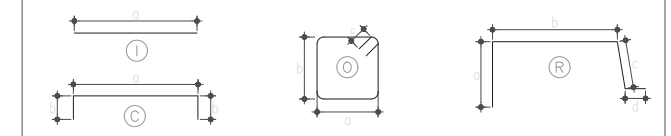
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: 1:100



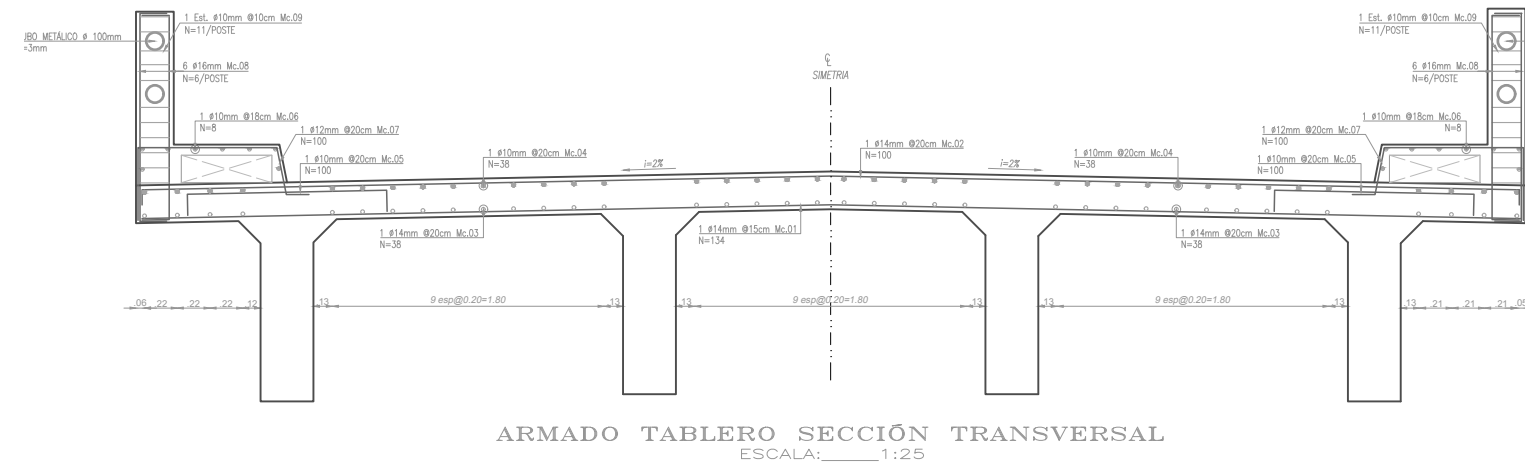
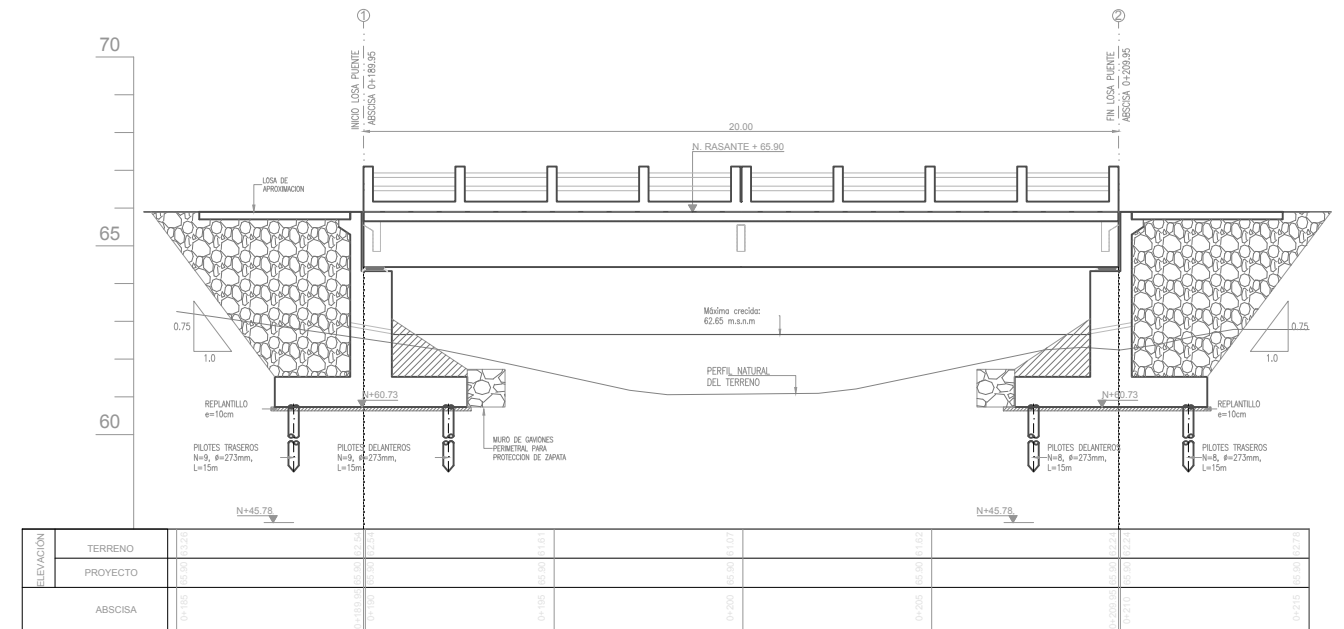


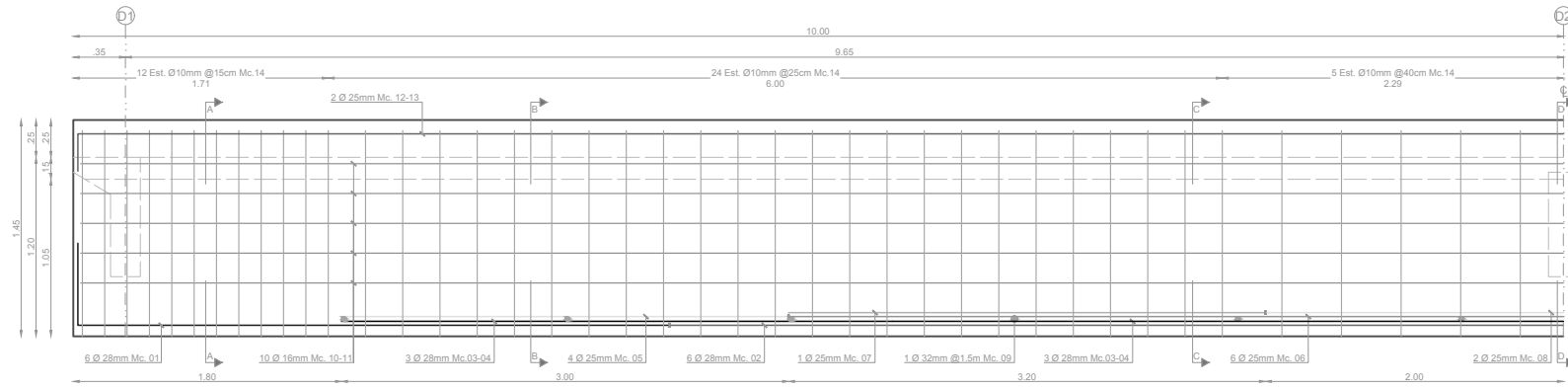
PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	ϕ (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	e	d					
1	I	14	9.10			9.10	134	1219.40	1473.04		
2	C	14	9.10	0.10			100	930.00	1123.44		
3	I	14	20.50			20.50	38	779.00	941.03	traslape 50cm	
4	I	10	20.40				38	775.20	478.30	traslape 40cm	
5	C	10	1.40	0.10		1.60	200	320.00	197.44		
6	I	10	20.40				16	326.40	201.39	traslape 40cm	
7	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	200	360.00	319.68		
8	C	16	1.32	0.15		1.62	120	194.40	306.76		
9	O	10	0.18	0.18	0.10		220	158.40	97.73		
									Total (kg)	5138.81	

RESUMEN DE HIERRO										
ϕ (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	1580.00	360.00	2928.40	194.40	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	974.86	319.68	3537.51	306.76	-	-	-	-	-	-

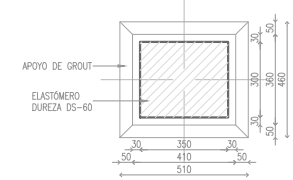


CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 280 kg/cm ²	m ³	60.42
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	5138.31
Barandas metálicas Acero A36, ϕ =100mm, e=4mm	mt	80
Junta de dilatación tipo JNA 50	mt	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	mt	11.20

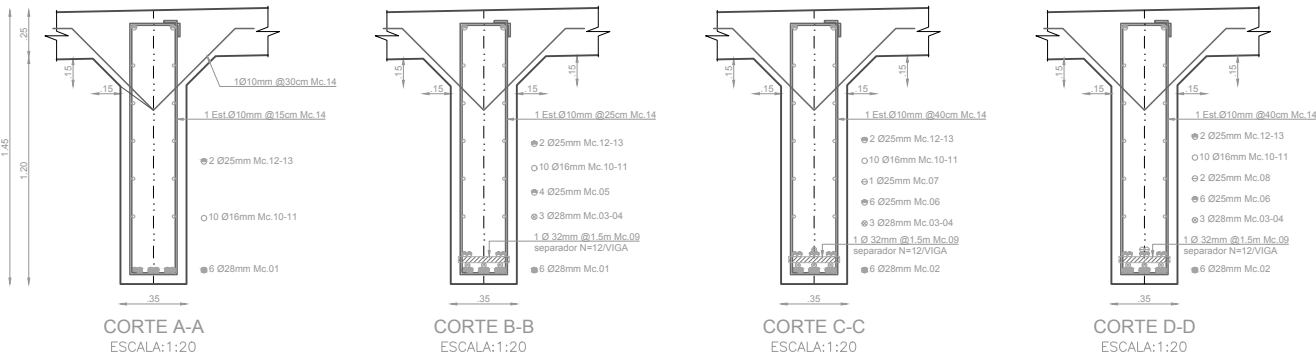




ARMADO DE VIGA
ESCALA: 1:25



NEPRENO DE APOYO
PLANTA
ESCALA: 1:15

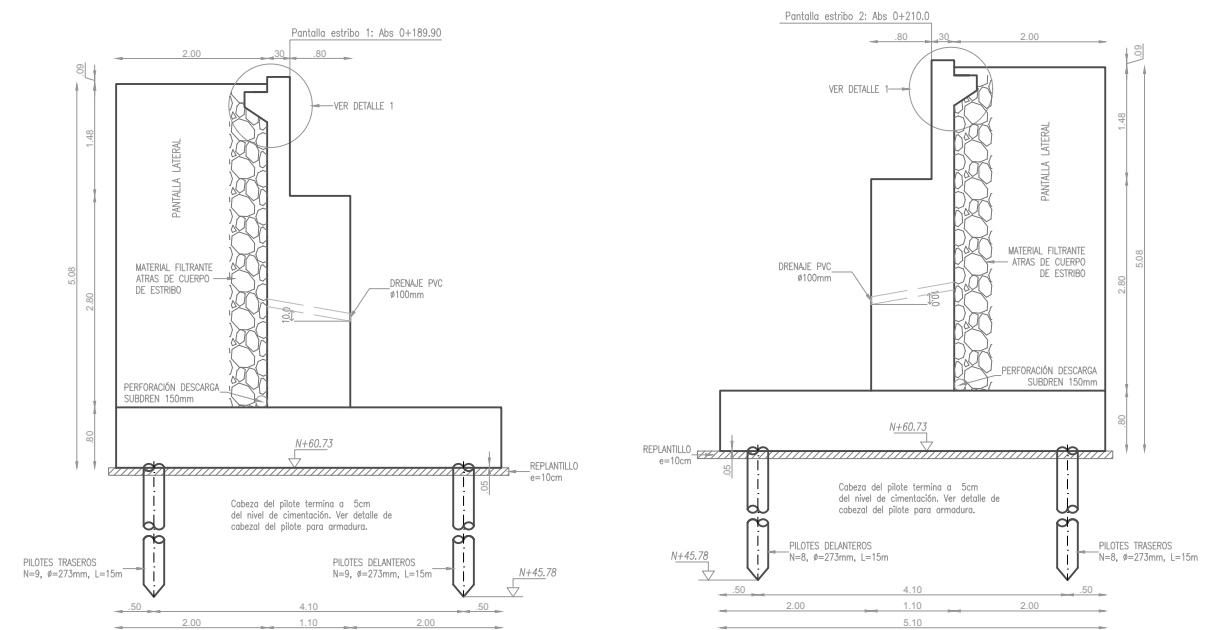


CORTE A-A
ESCALA: 1:20

CORTE B-B
ESCALA: 1:20

CORTE C-C
ESCALA: 1:20

CORTE D-D
ESCALA: 1:20



GEOMETRÍA DEL ESTRIBO
CORTE A-A
Escala: 1:50

GEOMETRÍA DEL ESTRIBO
CORTE A-A
Escala: 1:50

PLANILLA DE HIERROS ESTRIBOS IZQUIERDO Y DERECHO

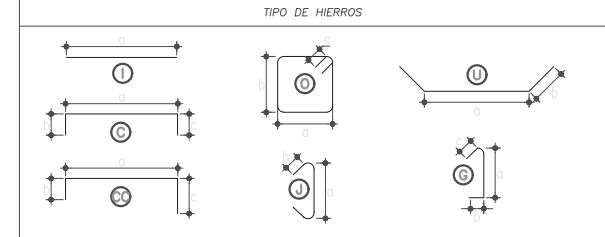
Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
1	C	20	4.98	0.30	5.56	46	255.76	630.70		
2	I	16	2.30		2.30	46	105.80	186.95		
3	C	16	4.96	0.30	5.56	46	255.76	403.59		
4	C	16	9.06	0.30	9.66	50	483.00	762.17		
5	CC	18	3.43	0.30	1.00	4.73	41	194.01	387.64	
6										
7	CC	16	3.43	0.30	1.00	4.73	47	222.40	350.85	
8	I	16	9.10		9.10	13	118.30	180.68		
9	C	16	9.10	0.25	9.60	13	124.80	196.93		
10	G	10	1.00	0.10	1.20	60	72.00	44.42		
11	L	18	3.20	0.25	3.45	12	41.40	82.72		
12	C	18	3.90	0.25	4.40	6	26.40	52.75		
13	L	12	2.05	0.15	2.20	41	90.20	80.10		
14	L	12	2.05	0.15	2.20	45	99.00	87.91		
15	I	12	9.10		9.10	16	145.60	129.29		
16	J	10	0.20	0.10	0.20	30	6.00	3.70		
17	O	10	0.20	0.20	0.10	1.00	45	45.00	27.77	
18	C	12	4.96	0.25	0.25	5.46	24	131.04	116.36	
19	L	14	4.96	0.25	5.21	22	114.62	136.46		
20	C	12	3.43	0.25	3.93	6	23.58	20.95		
21	L	12	3.00	0.25	3.25	28	91.00	80.81		
22	C	14	2.50	0.25	3.00	28	84.00	101.47		
22A	C	14	2.00	0.25	2.50	16	40.00	48.32		
23	L	12	2.00	0.25	2.50	16	40.00	35.52		
24	U	12	0.90	0.20	1.30	44	57.20	50.79		
25	C	18	0.70	0.65	2.00	8	16.00	31.97		
26	C	18	0.60	0.65	1.90	10	19.00	37.96		
27	L	16	1.62	0.36	1.62	36	58.32	92.03	ver plano	
28	J	10	0.20	0.10	0.40	36	14.40	8.88		
29	J	10	0.25	0.10	0.45	36	16.20	10.00		
30	J	10	0.35	0.10	0.55	36	19.80	12.22		
31	I	12	7.10		7.10	6	42.60	37.83		
32	L	16	1.25	0.15	1.40	36	50.40	79.53		
Total (kg)									4497.38	

CABEZALES PILOTES

Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
40	L	18	1.1	0.2	1.30	102	132.60	264.93		
41	I	10	5.1		5.10	17	86.70	53.49	zuncho	
42	I	16	0.4		0.40	34	13.60	21.46		
Total (kg)									339.89	

RESUMEN DE HIERRO (2 ESTRIBOS)

Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	520.2	1440.5	477.2	2864.8	858.8	511.5	0.0	0.0	0.0	-
Peso (kg)	321.0	1276.1	576.5	4520.6	1715.9	1261.4	0.0	0.0	-	-



CANTIDADES DE MATERIALES 2 ESTRIBOS

Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f' = 240 kg/cm²	m³	167.74
Hormigón f' = 180 kg/cm²	m³	9.96
Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm²	kg	9674.54
Red de malla electrosoldada R150x150x8	m²	115.20
Sub Base Clase III	m³	11.52
Material filtrante	m³	36.38
Geomalla biaxial para cimentación	m²	-
Tapas para cabezales de pilotes Ø=244mm, e=4mm, A36	kg	49.92
Pilotes Ø273mm, L=15m, e=9.27mm, cédula 40	u	34
Apoyos de neopreno 30x35x5 Dureza 60	u	6
Tubería para subdrén D=150mm	m	17.70
Geotextil tejido para subdrén	m²	9.18

PLANILLA DE HIERROS VIGAS

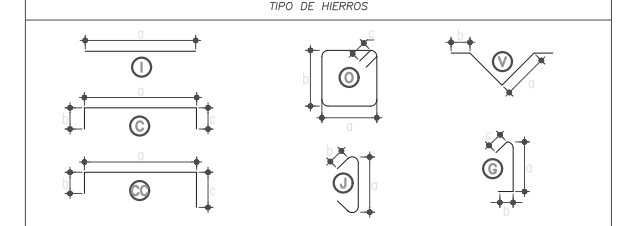
Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
1	L	28	3.95	0.55	4.50	48	216.00	1044.14		
2	I	28	12.80		12.80	24	288.00	1792.19		
3	I	28	12.80		12.80	12	144.00	696.10		
4	I	28	4.40		4.40	12	52.80	255.24		
5	I	25	3.00		3.00	32	96.00	369.89		
6	I	25	10.40		10.40	24	249.60	961.71		
7	I	25	5.00		5.00	8	40.00	154.12		
8	I	25	4.00		4.00	8	32.00	123.30		
9	I	32	0.25		0.25	48	12.00	75.76		
10	I	16	12.00		12.00	40	480.00	757.44		
11	I	16	8.50		8.50	40	340.00	536.52		
12	L	25	11.75	0.25	12.00	8	96.00	369.89		
13	L	25	9.35	0.25	9.60	8	76.80	295.91		
14	O	12	0.25	1.33	0.15	3.46	328	1134.88	1007.77	
15	V	10	0.60	0.10	1.40	267	373.33	230.35		

PLANILLA DE HIERROS DIAFRAGMAS

Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
16	C	25	7.45	0.30	8.05	12	96.60	372.20		
17	I	12	7.45		7.45	22	163.90	145.54		
18	O	10	0.14	0.60	0.15	1.78	33	58.74	36.34	
19	G	10	0.10	0.15	0.40	72	28.80	17.77		
20	P	10				2.90	66	191.40	118.09	ver plano
Total (kg)									8960.16	

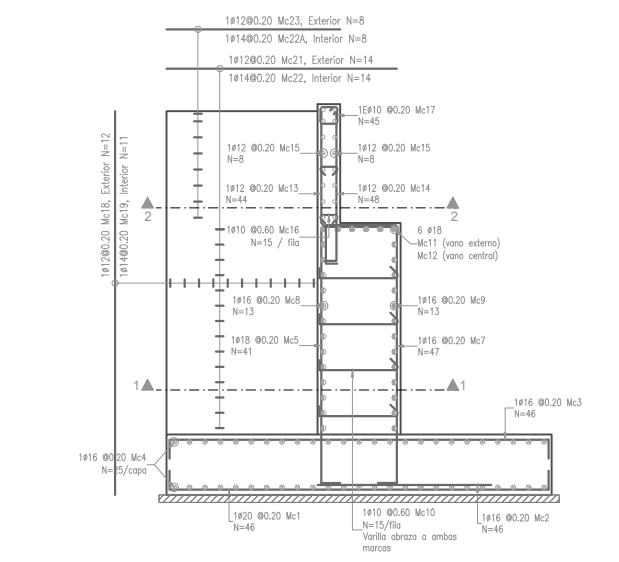
RESUMEN DE HIERRO

Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	652.27	1298.76	0.00	820.00	-	-	-	-	-	12.00
Peso (kg)	402.45	1153.32	0.00	1293.96	-	-	-	-	2647.01	1387.67

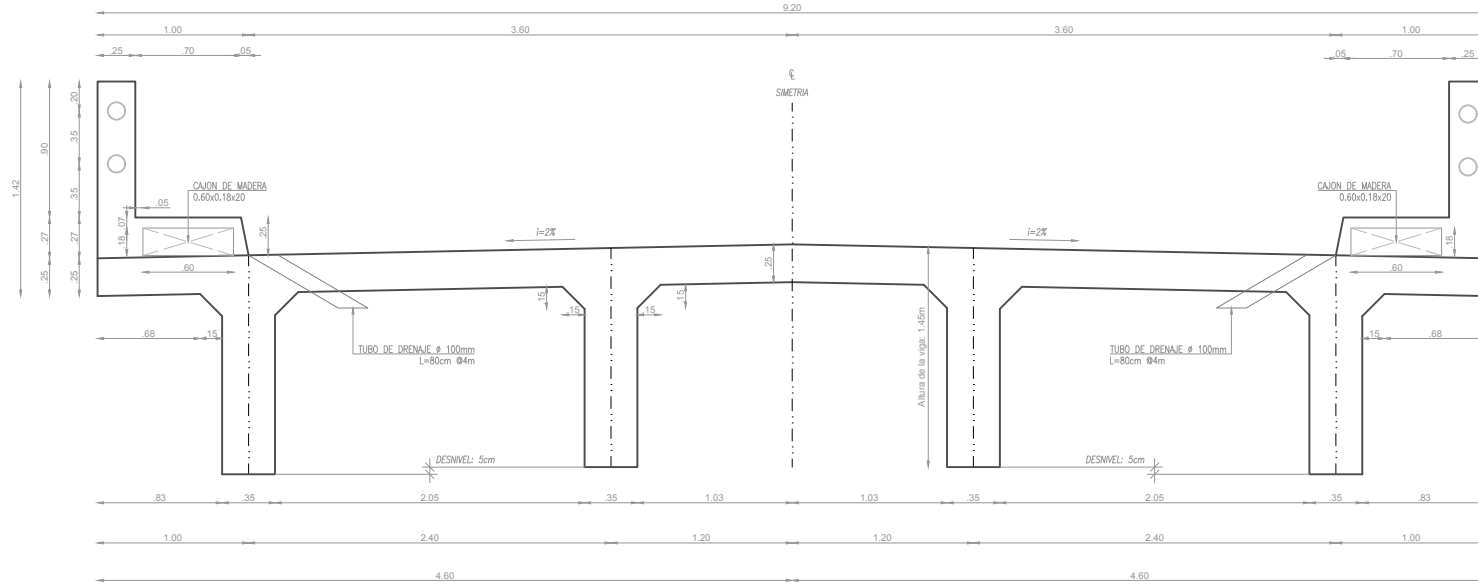
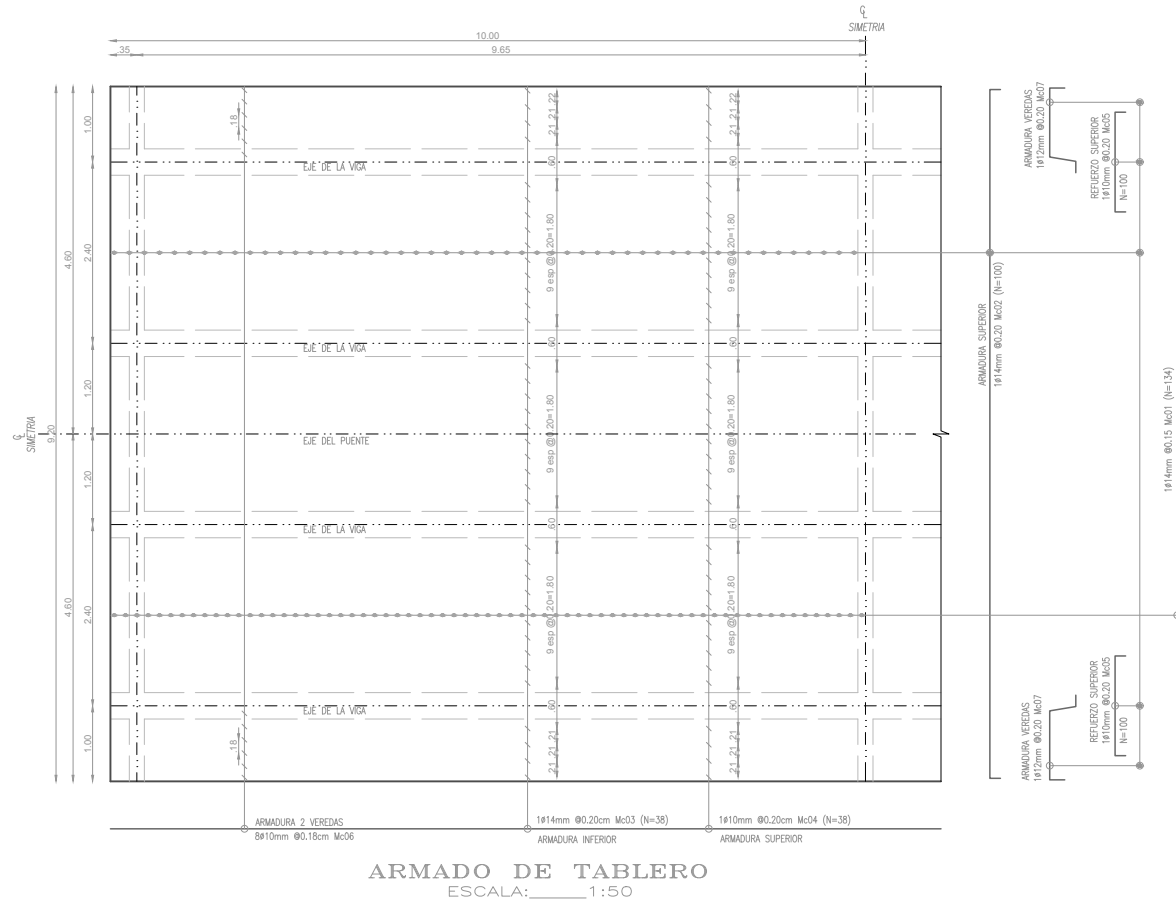


CANTIDADES DE MATERIALES VIGAS Y DIAFRAGMAS

Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f' = 280 kg/cm²	m³	38.77
Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm²	kg	8960.16

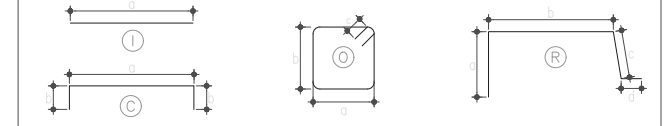


ARMADO ESTRIBO
CORTE A-A
ESCALA: 1:50

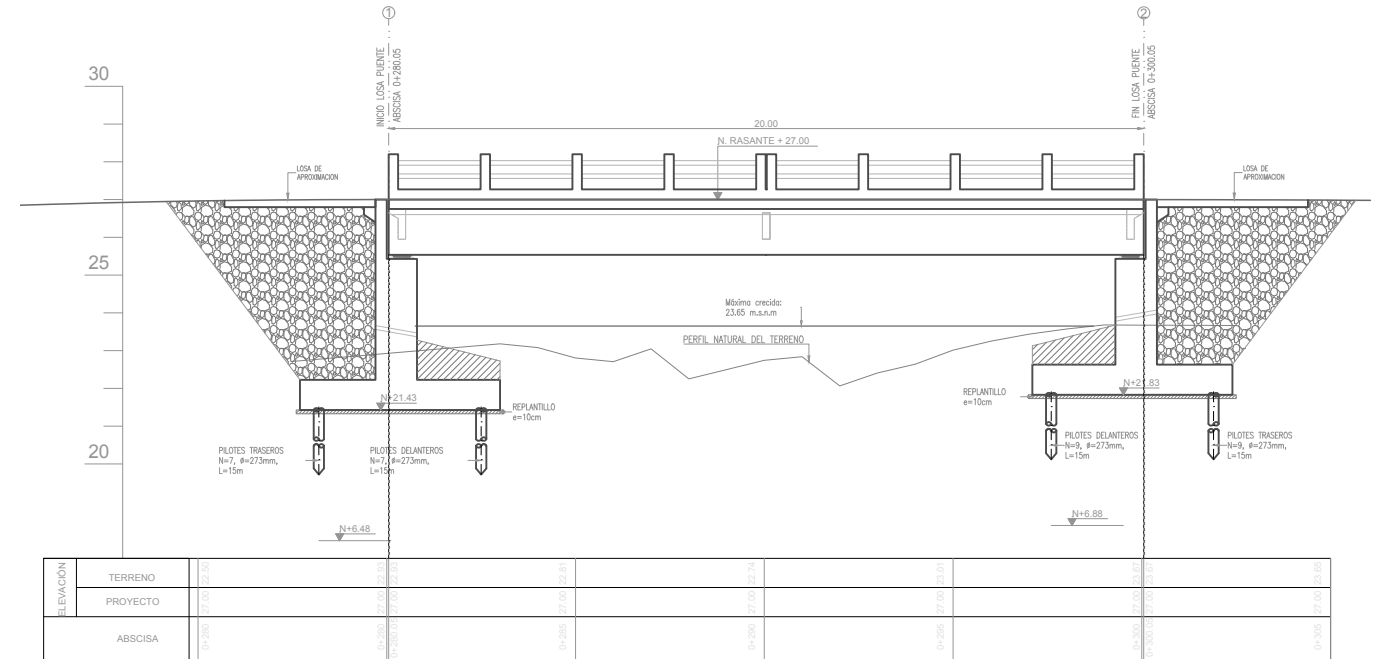


PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	a (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	e	d					
1	I	14	9.10			9.10	134	1215.40	1473.04		
2	C	14	9.10	0.10		9.30	100	930.00	1123.44		
3	I	14	20.50			20.50	38	775.00	941.03	traslape 50cm	
4	I	10	20.40			20.40	38	775.20	478.30	traslape 40cm	
5	C	10	1.40	0.10		1.60	200	320.00	197.44		
6	I	10	20.40			20.40	16	326.40	201.39	traslape 40cm	
7	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	360.00	319.68		
8	C	16	1.32	0.15		1.62	120	194.40	306.76		
9	O	10	0.18	0.18	0.10		220	158.40	97.73		
									Total (kg)	5138.81	

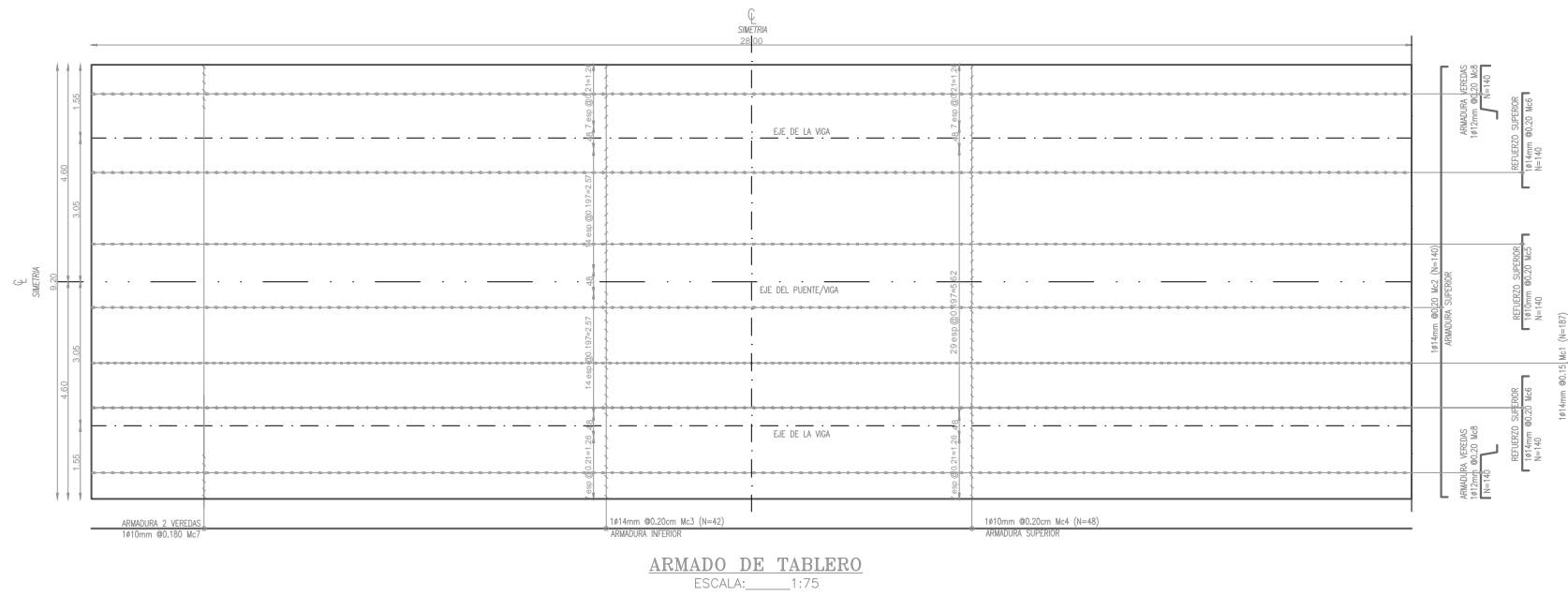
RESUMEN DE HIERRO										
φ (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	1580.00	360.00	2928.40	194.40	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	974.86	319.68	3537.51	306.76	-	-	-	-	-	-



CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 280 kg/cm ²	m ³	60.42
Aceros de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	5138.31
Barandas metálicas Acero A36, φ=100mm, e=4mm	mt	80
Junta de dilatación tipo JNA 50	mt	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	mt	11.20



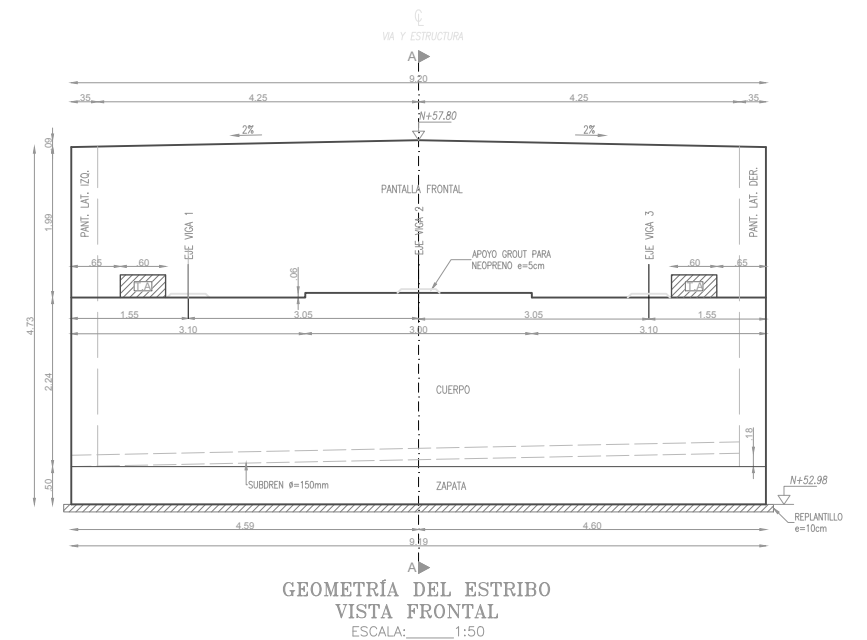
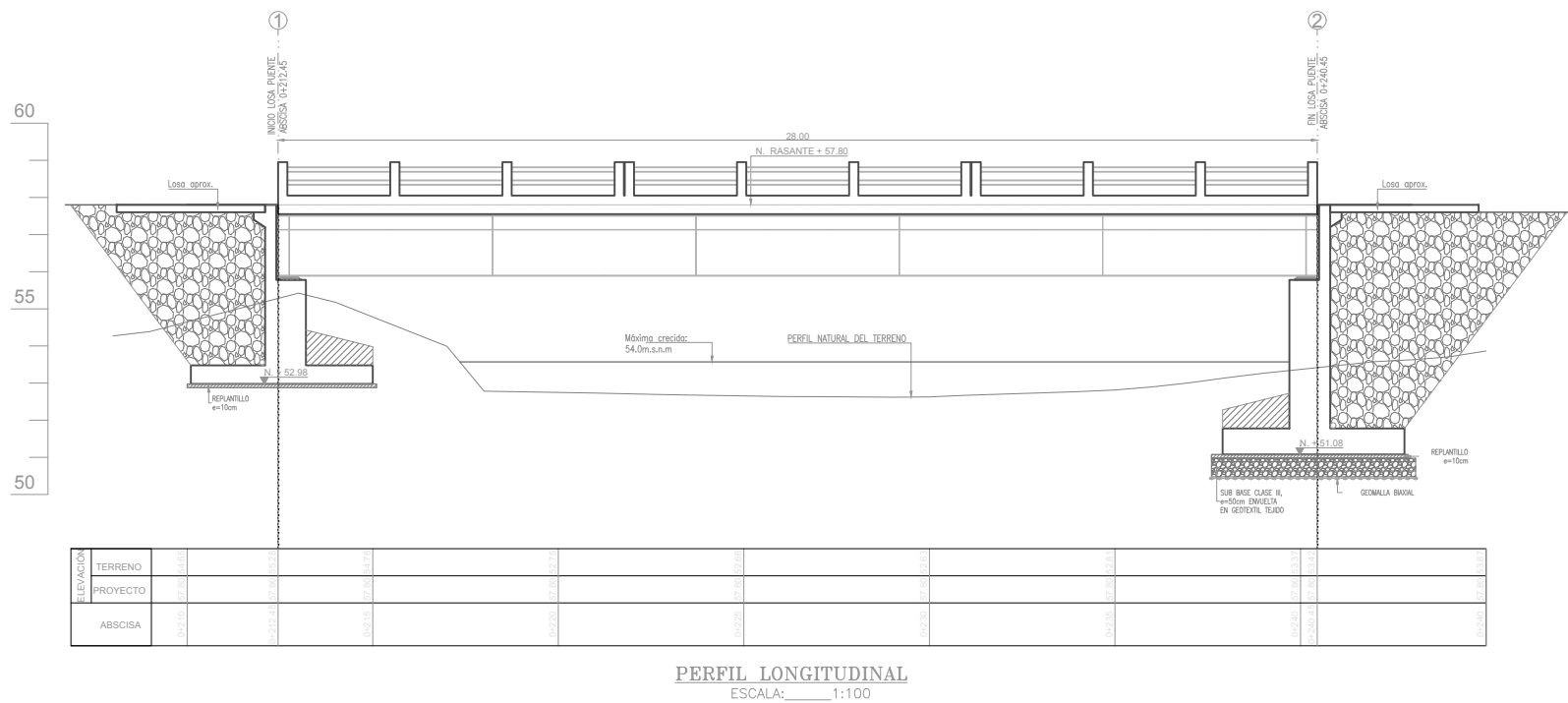
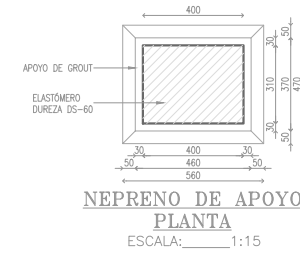
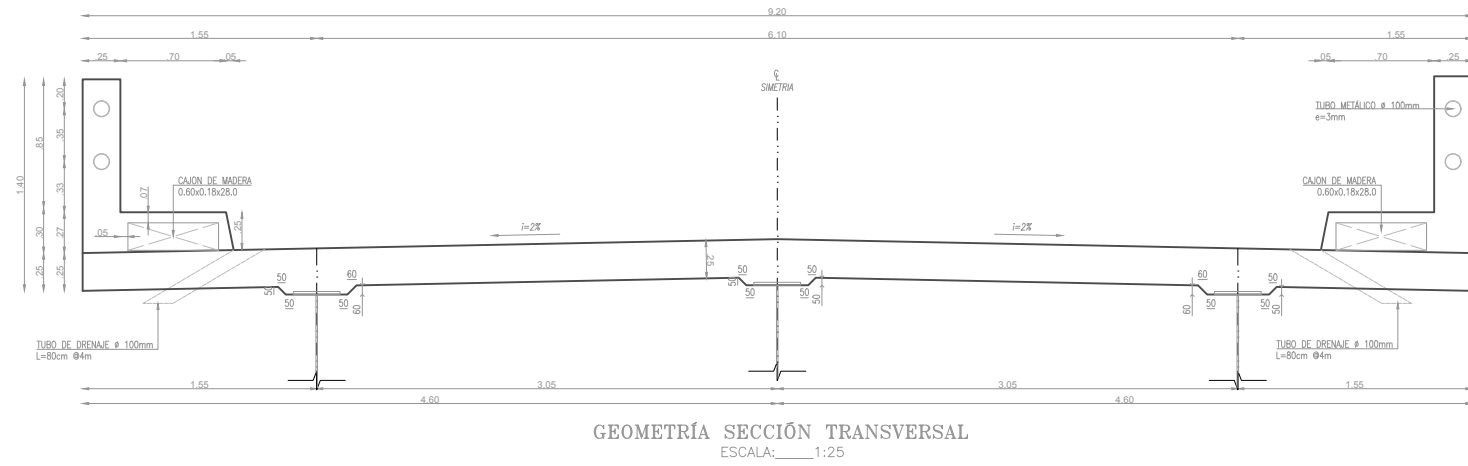
ELEVACION	TERRENO	PROYECTO	ABSCISA
		27.00	27.00

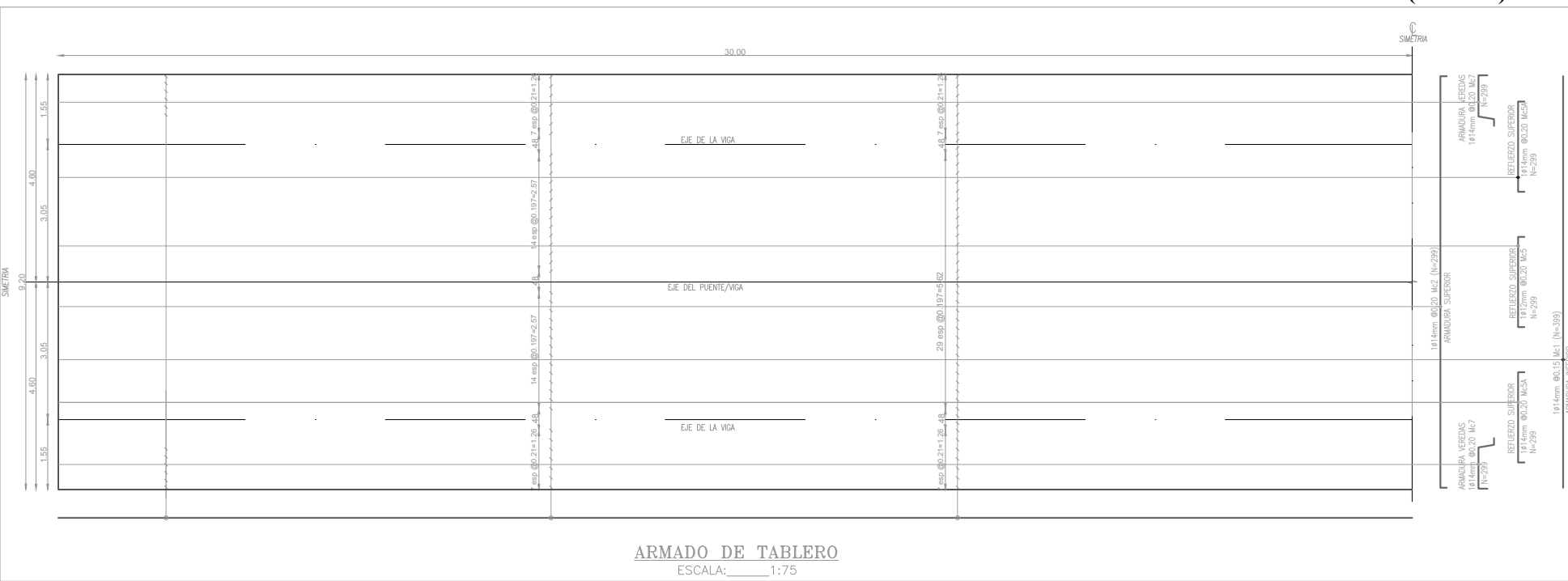


PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES											
Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c	d					
1	I	14	9.10				9.10	187	1701.70	2055.65	
2	C	14	9.10	0.10			9.30	140	1302.00	1572.82	
3	I	14	29.00				29.00	42	1218.00	1471.34	traslape 50cm
4	I	10	28.80				28.80	48	1382.40	852.94	traslape 40cm
5	C	10	2.00	0.10			2.20	140	308.00	190.04	
6	C	14	2.30	0.10			2.20	280	616.00	744.13	
7	I	10	28.80				28.80	16	460.80	284.11	traslape 40cm
8	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	280	504.00	447.55	
9	C	16	1.32	0.15			1.62	144	233.28	368.12	
10	O	10	0.18	0.18	0.10		0.72	264	190.08	117.28	
									Total (kg)	8104.18	

RESUMEN DE HIERRO											
Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	20	22	25	28	32
Long (m)	2341.28	504.00	4837.70	39.85	-	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	1444.57	447.55	5843.94	62.89	-	-	-	-	-	-	-

CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 280 kg/cm²	m³	84.36
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	kg	8104.18
Barandas metálicas Acero A36, D=120mm, e=4mm	ml	112
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	12.80

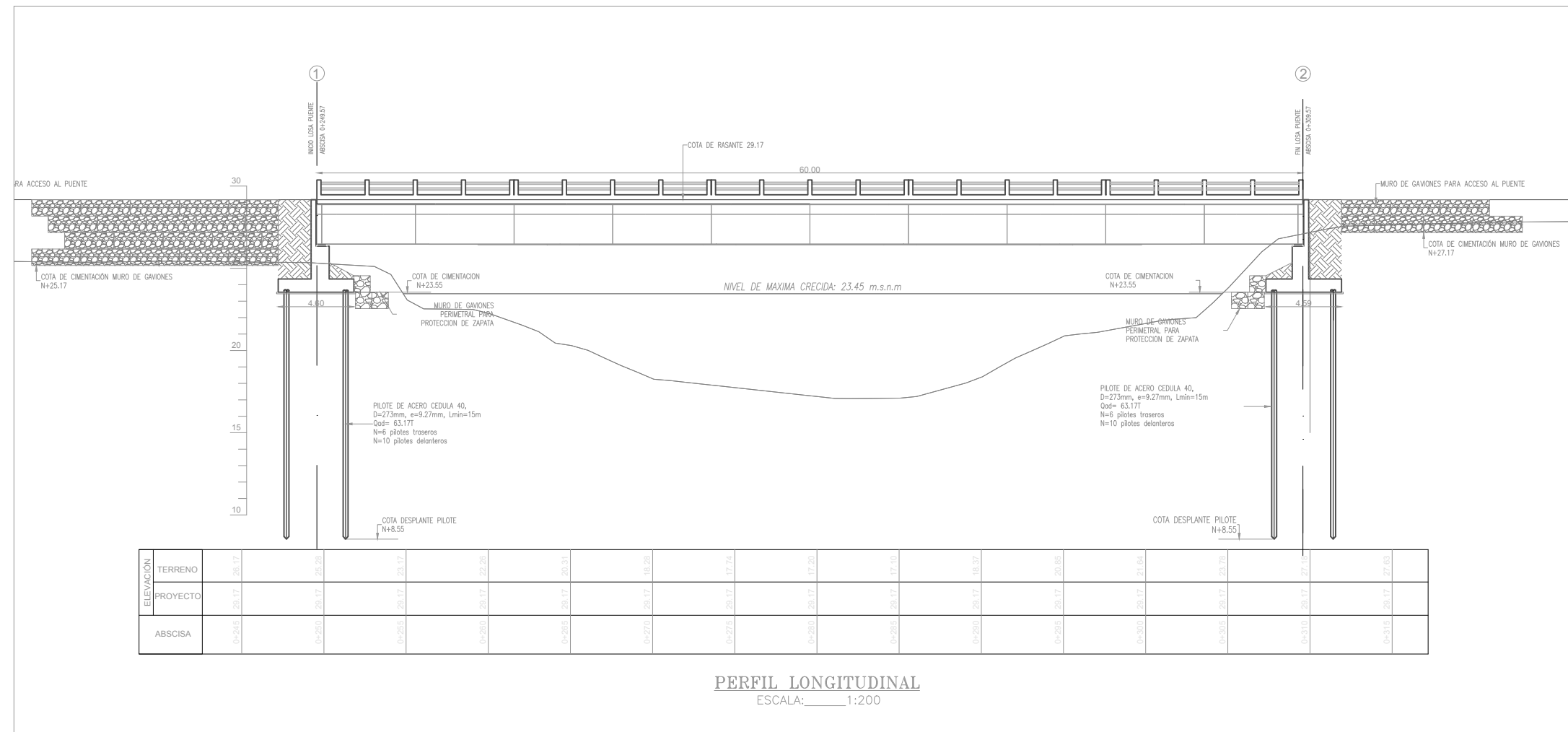
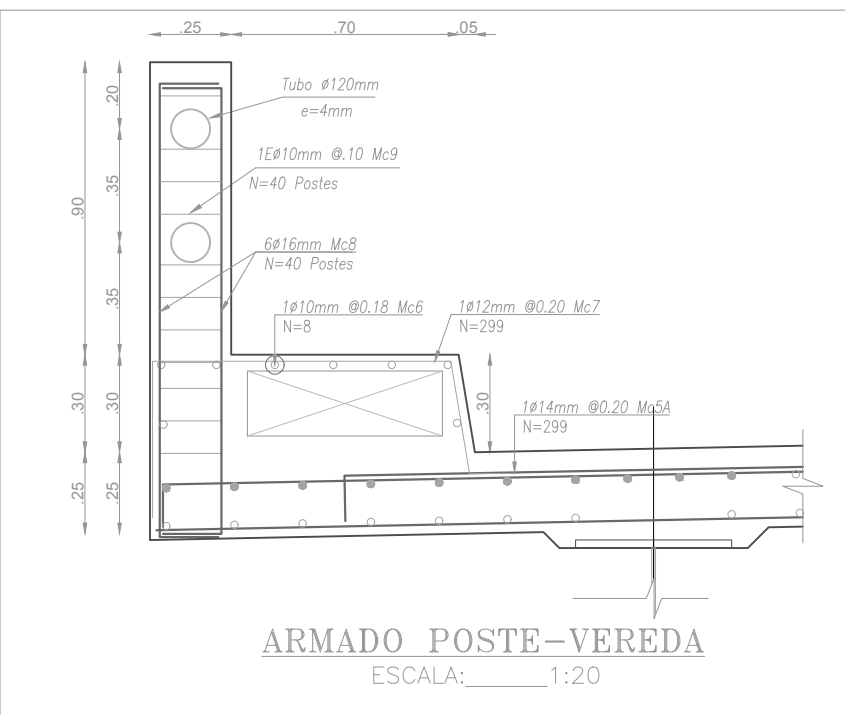


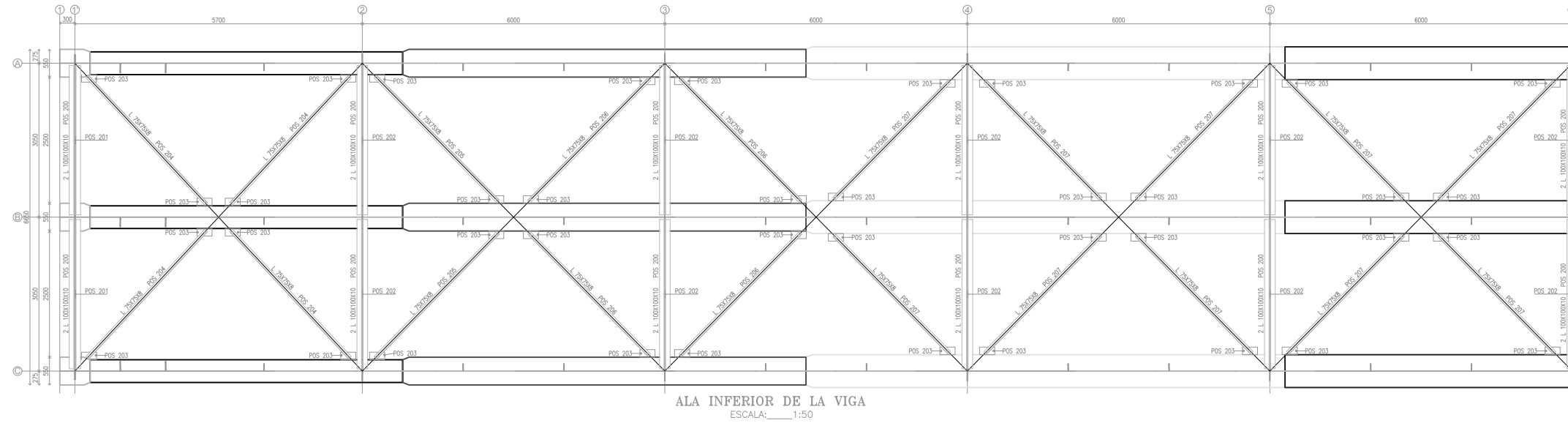


PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES												
Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observaciones	
			a	b	c	d						
1	I	14	9.10				9.10	399	3630.90	4386.13		
2	C	14	9.10	0.10			9.30	299	2780.70	3359.09		
3	I	14	62.40				62.40	42	2620.80	3165.93	traslape 50cm	
4	I	10	61.90				61.90	48	2971.20	1833.23	traslape 40cm	
5	C	10	2.00	0.10			2.20	299	657.80	405.86		
5A	C	14	2.00	0.10			2.20	598	1315.60	1589.24		
6	I	10	61.90				61.90	16	990.40	611.08		
7	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	598	1076.40	955.84		
8	C	16	1.32	0.15			1.62	300	486.00	766.91		
9	O	10	0.18	0.18	0.10		0.72	550	396.00	244.33		
									Total (kg)	17317.64		

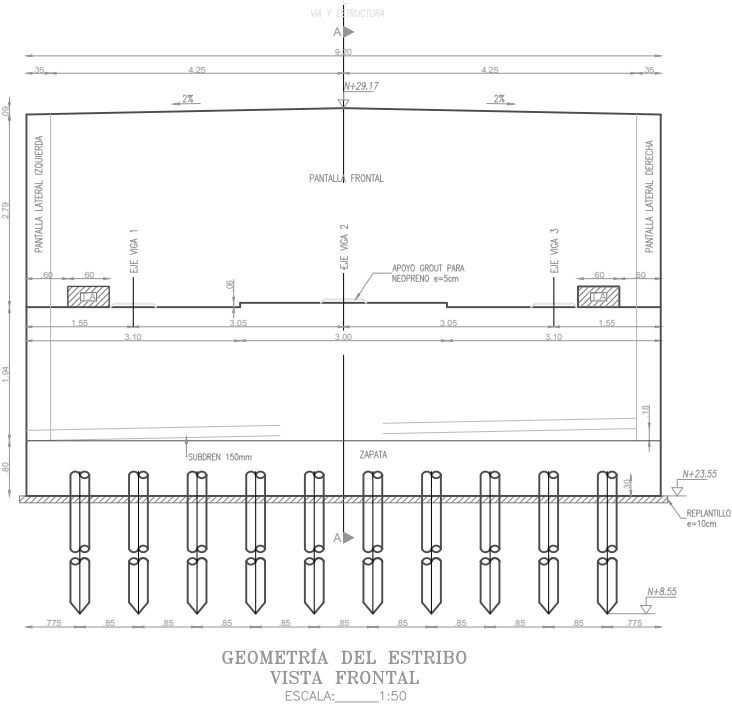
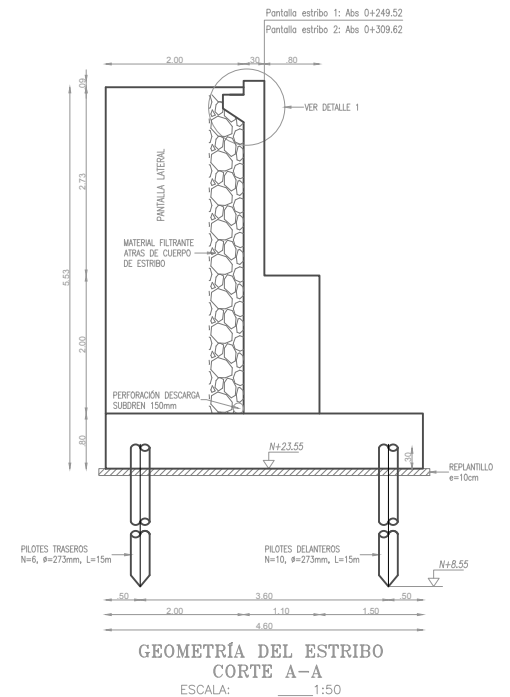
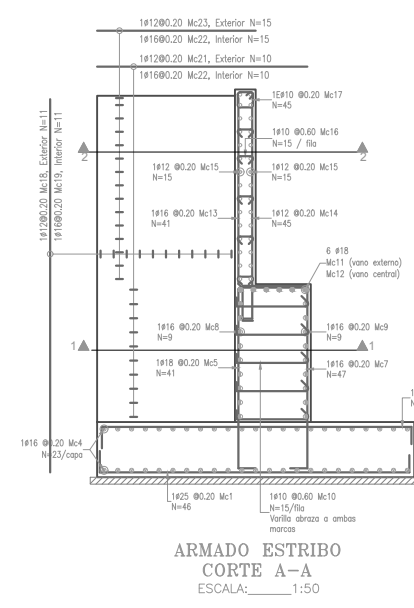
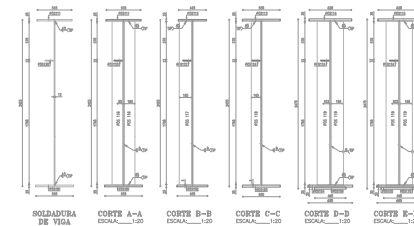
RESUMEN DE HIERRO											
Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	20	22	25	28	32
Long (m)	5015.40	1076.40	10348.00	486.00	-	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	3094.50	955.84	12500.38	766.91	-	-	-	-	-	-	-

CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 280 kg/cm2	m3	165.97
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm2	kg	17317.64
Barandas metálicas Acero A36, D=100mm, e=4mm	ml	240
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	24





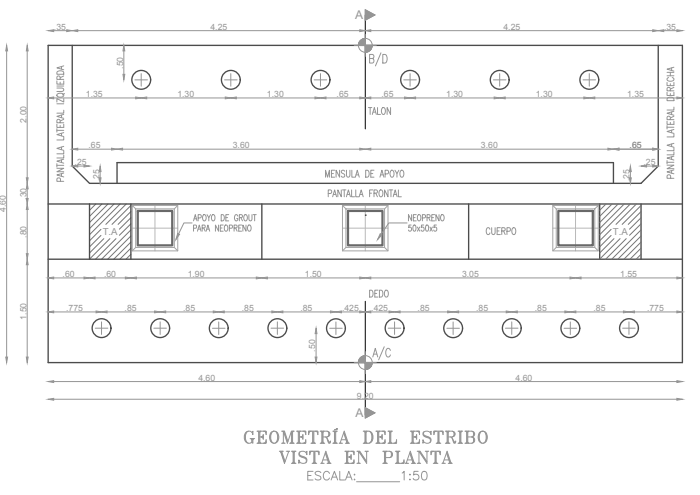
PLANILLA VIGAS METALICAS PUNTE L=60m								
POS	TIPO	cantidad (u)	DIMENSIONES (mm)			PESO (Kg)	Material	Ubicación
			a	e	L	W (kg)		
VIGA								
100-A	PL	6	2392	12	7049	9529.95	A-588	ALMA
100-B	PL	6	2392	12	8062	10860.63	A-588	ALMA
100-C	PL	6	2389	12	9525	12861.25	A-588	ALMA
100-D	PL	3	2398	12	11090	7488.21	A-588	ALMA
101	PL	6	550	25	400	388.58	A-588	PATIN INFERIOR
102	PL	6	450	25	6200	3285.23	A-588	PATIN INFERIOR
103	PL	6	550	30	8000	6217.20	A-588	PATIN INFERIOR
104	PL	6	650	30	9500	8725.28	A-588	PATIN INFERIOR
105	PL	3	600	30	11480	5235.17	A-588	PATIN INFERIOR
106	PL	6	310	25	4200	1533.11	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR
107	PL	6	460	30	2000	1299.06	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR
108	PL	6	460	30	7500	4874.85	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR
109	PL	6	460	30	2000	1299.06	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR
110	PL	3	460	30	9000	2624.92	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR
111	PL	6	510	20	600	288.25	A-588	PATIN SUPERIOR
112	PL	6	410	20	6600	2549.05	A-588	PATIN SUPERIOR
113	PL	6	550	25	8000	5181.00	A-588	PATIN SUPERIOR
114	PL	6	620	30	10000	8740.00	A-588	PATIN SUPERIOR
115	PL	3	620	30	9600	4205.09	A-588	PATIN SUPERIOR
116	PL	12	160	25	2380	896.78	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL APOYO
117	PL	12	185	12	2377	497.09	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL
118	PL	54	140	12	2377	3482.79	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL
119	PL	54	185	12	2380	2239.72	A-588	RIGIDIZADOR DIAFRAGMA
120	PL	12	130	12	288	42.32	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL
121	PL	6	130	12	882	64.81	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL
122	PL	6	130	12	888	65.25	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL
123	PL	12	130	12	1938	284.79	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL
124	PL	72	130	12	1988	1752.84	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL
125	UPN 100	600			150	954.00	A-36	CONECTOR DE CORTE
ARRIOSTRAMIENTO								
200	L 100X100X10	44			2979	3955.65	A-36	DIAFRAGMAS
201	PL	8	120	25	120	22.61	A-588	PLACA DIAFRAGMA APOYO
202	PL	36	120	12	120	48.83	A-588	PLACA DIAFRAGMA INTERMEDIO
203	PL	80	150	8	300	226.08	A-588	PLACA ARRIOST. HORIZ. INFERIOR
204	L75X75X8	8			3451	238.67	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
205	L75X75X8	4			3466	119.78	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
206	L75X75X8	8			3306	236.75	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
207	L75X75X8	20			3256	562.64	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
208	L 100X100X10	22			3515	1153.76	A-36	DIAFRAGMA APOYO/INTER
209	L 100X100X10	22			3583	1176.08	A-36	DIAFRAGMA APOYO/INTER
210	PL	4	200	25	200	33.40	A-588	PLACA DIAFRAGMA APOYO
211	PL	18	200	12	200	67.82	A-588	PLACA DIAFRAGMA INTERMEDIO
PERNO Ø12mm		256						
PESO TOTAL DEL PUENTE kg						113776.72	kg	
TOTAL ACERO A36						105881.38	kg	
TOTAL ACERO A588						6995.33	kg	

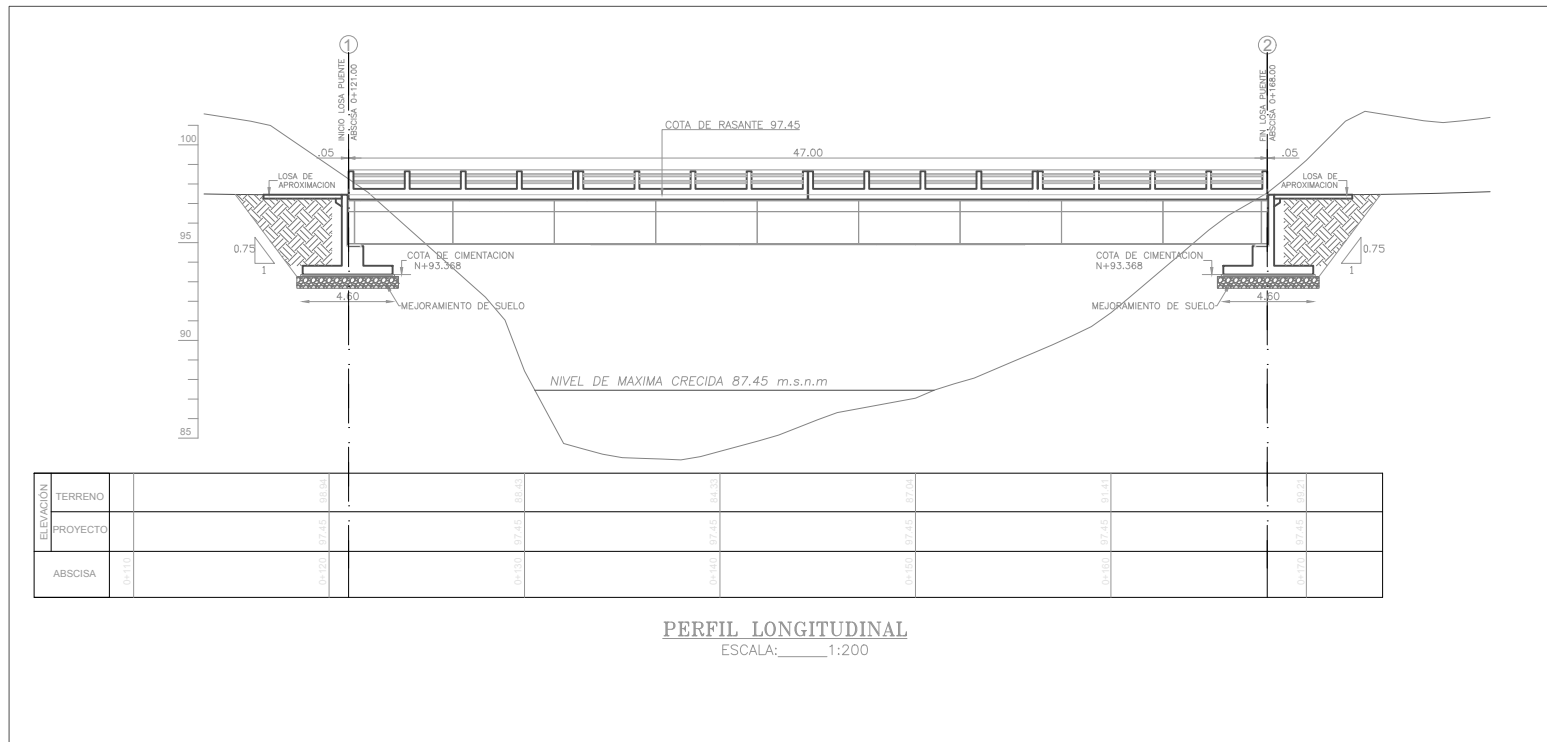


PLANILLA DE HIERROS (1 ESTRIBO)										
Mc	Tipo	e (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
1	C	25	4.46	0.25		4.96	46	228.16	879.10	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	C	18	4.46	0.25		4.96	46	228.16	455.86	
4	C	16	9.08	0.25		9.56	46	439.76	693.94	
5	CC	18	2.68	0.25	1.00	3.93	41	161.13	321.94	
7	CC	16	2.68	0.25	1.00	3.93	47	184.71	291.47	
8	I	16	9.10			9.10	9	81.90	129.24	
9	C	16	9.10	0.25		9.60	9	86.40	136.34	
10	G	10	1.00	0.10	0.10	1.20	75	90.00	55.53	
11	L	18	3.75	0.25		4.00	12	48.00	95.90	
12	C	18	2.90	0.25		3.40	6	20.40	40.76	
13	L	16	3.35	0.15		3.50	41	143.50	226.44	
14	L	12	3.35	0.15		3.50	45	157.50	139.86	
15	I	12	9.10			9.10	30	273.00	242.42	
16	J	10	0.20	0.10	0.20	0.75	75	15.00	9.26	
17	O	10	0.20	0.20	0.10	1.00	45	45.00	27.77	
18	C	12	5.40	0.25	0.25	5.90	22	129.80	115.26	
19	L	16	5.40	0.25		5.65	22	124.30	196.15	
20	C	12	2.68	0.25		3.18	6	19.08	16.94	
21	L	12	3.00	0.25		3.25	20	65.00	57.72	
22	C	16	2.40	0.25		2.90	50	145.00	228.81	
23	L	12	2.20	0.25		2.70	30	81.00	71.93	
24	U	12	0.90	0.20		1.30	36	46.80	41.56	
25	C	18	0.70	0.75		2.20	10	22.00	43.96	
26	C	18	0.50	0.75		2.00	10	20.00	39.96	
27	J	16				1.62	36	58.32	92.03	ver plano
28	J	10	0.20	0.10		0.40	36	14.40	8.88	
29	J	10	0.25	0.10		0.45	36	16.20	10.00	
30	J	10	0.35	0.10		0.55	36	19.80	12.22	
31	I	12	7.10			7.10	6	42.60	37.83	
32	L	16	1.25	0.15		1.40	36	50.40	79.53	
Total (kg)								4798.60		

RESUMEN DE HIERRO (2 ESTRIBOS)										
φ (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	400.8	1629.6	0.0	2828.6	999.4	0.0	0.00	456.32	-	-
Peso (kg)	247.3	1447.0	0.0	4147.9	1096.8	0.0	0.00	1758.20	-	-

CANTIDADES DE MATERIALES 2 ESTRIBOS		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f' = 240 kg/cm2	m3	148.76
Hormigón f' = 180 kg/cm2	m3	9.02
Acero de refuerzo fy = 4200kg/cm2	kg	9597.20
Malla electrosoldada R150x150x8	m2	115.20
Sub Base Clase III	m3	11.52
Material filtrante	m3	41.50
Gaviones	m3	60.5
Apoyos de neopreno 50x50x5 Dureza 60	u	6
Pilotes Ø273mm, L=15m, e=0.27mm, cárdula 40	u	32
Tubería para subdrén D=150mm	m	18.40
Geotextil tejido para subdrén	m2	9.10





PLANILLA DE HIERROS TABLERO Y POSTES

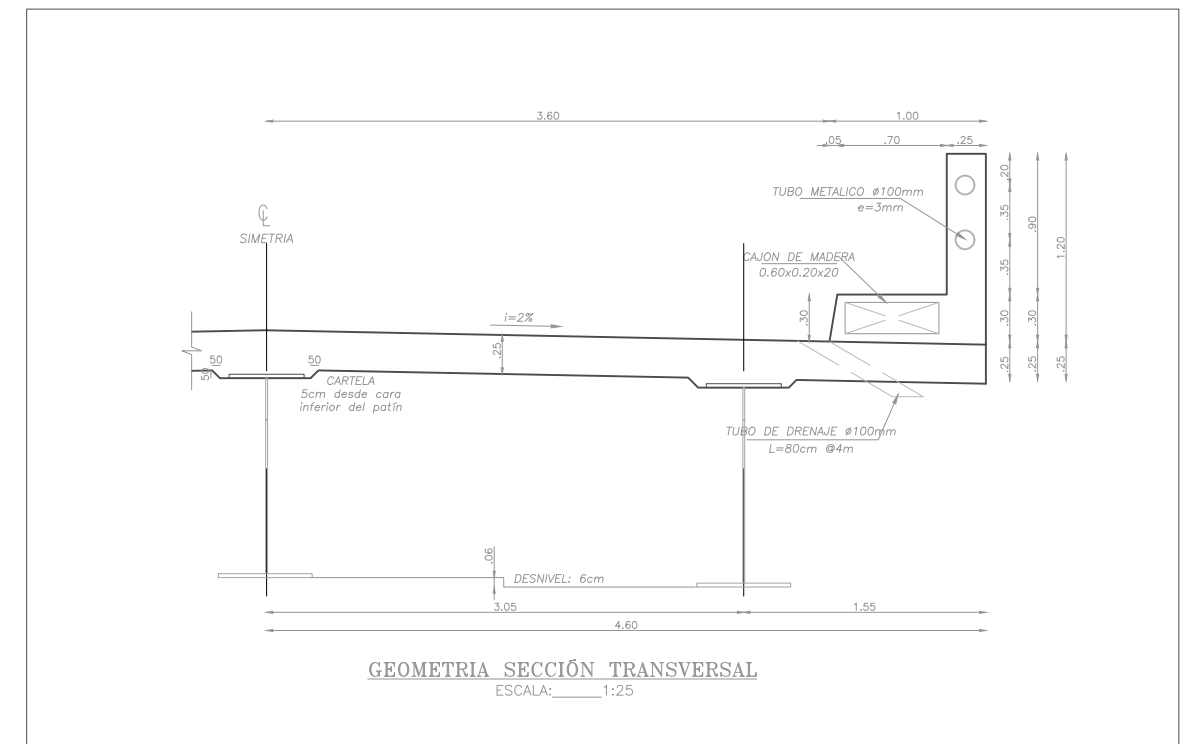
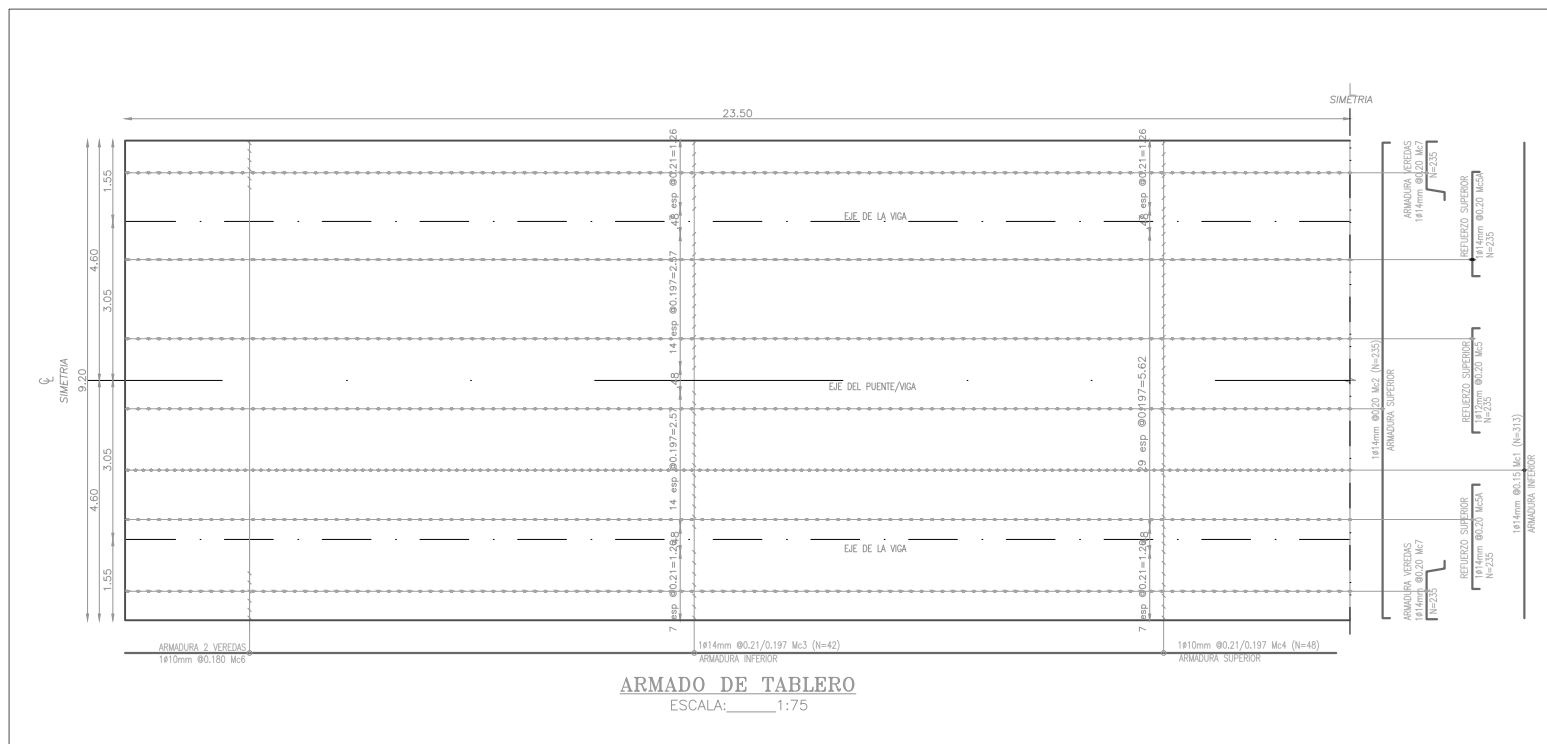
Mc	Tipo	ø (mm)	Dimensiones (m)				Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observaciones
			a	b	c	d					
1	I	14	9.10				9.10	313	2848.30	3440.75	
2	C	14	9.10	0.10			9.30	235	2185.50	2640.08	
3	I	14	48.90				48.90	42	2053.80	2480.99	traslape 50cm
4	I	10	48.50				48.50	48	2328.00	1436.38	traslape 40cm
5	C	10	2.00	0.10			2.20	235	517.00	318.99	
5A	C	14	2.00	0.10			2.20	470	1034.00	1249.07	
6	I	10	48.50				48.50	16	776.00	478.79	
7	R	12	0.45	0.85	0.35	0.15	1.80	470	846.00	751.25	
8	C	16	1.32	0.15			1.62	240	388.80	613.53	
9	O	10	0.18	0.18	0.10		0.92	440	404.80	249.76	
									Total (kg)	13659.59	

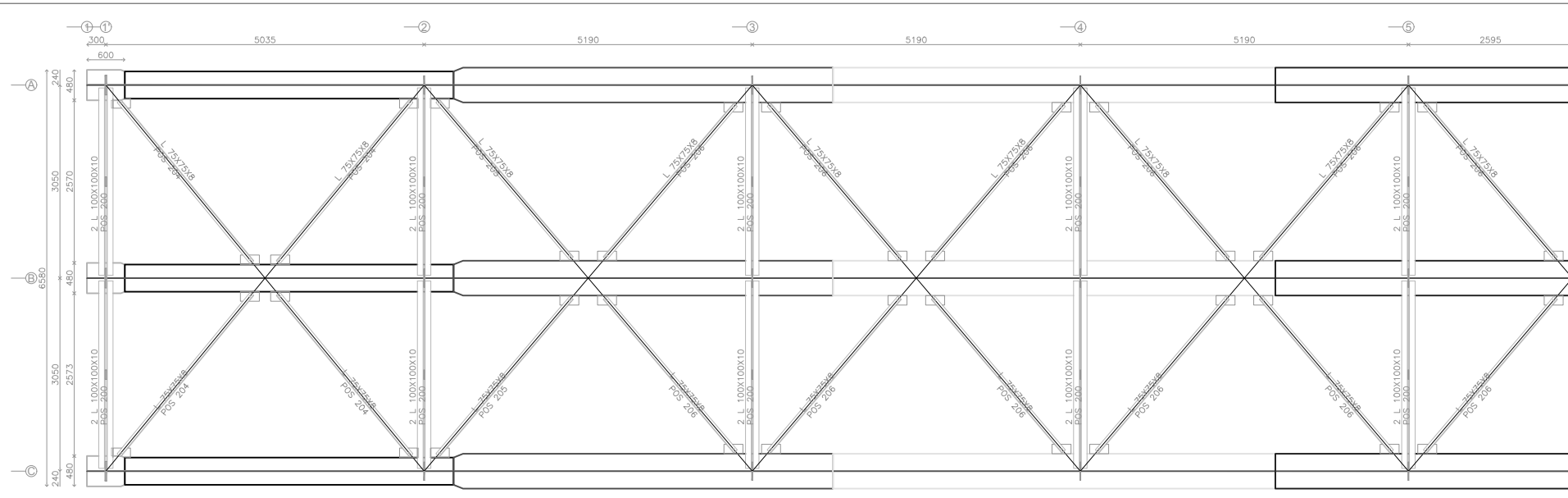
RESUMEN DE HIERRO

φ (mm)	10	12	14	16	18	20	20	22	25	28	32
Long (m)	4025.80	846.00	8121.60	388.80	-	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	2483.92	751.25	9810.89	613.53	-	-	-	-	-	-	-

CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO

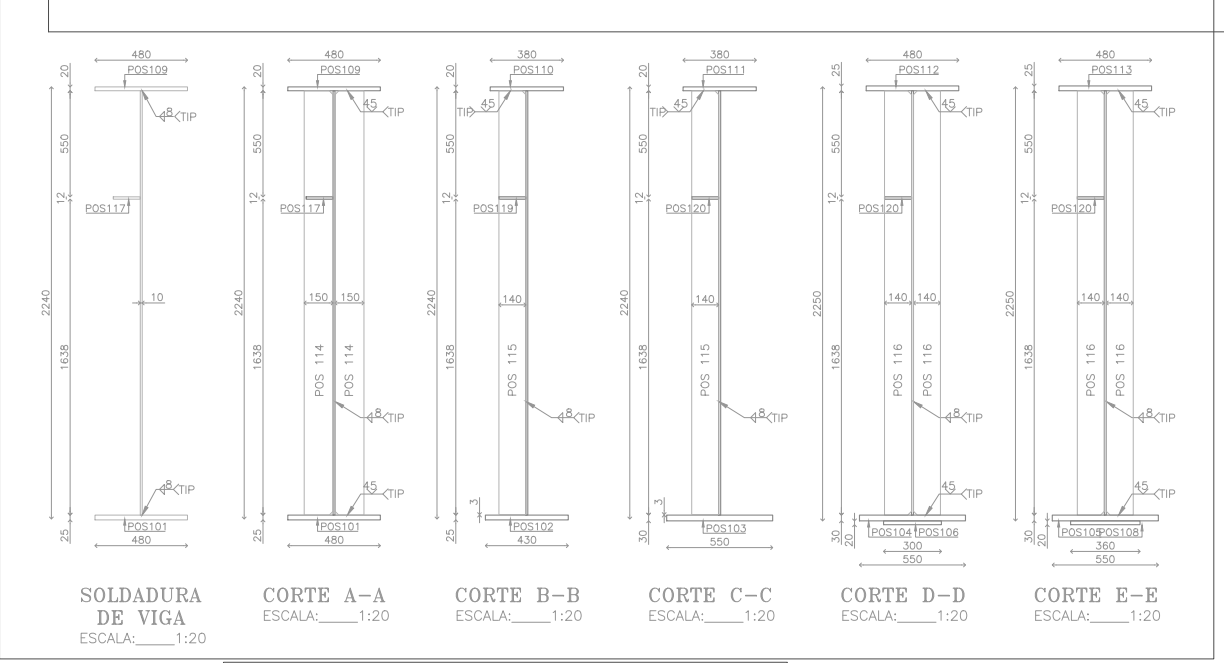
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 280 kg/cm ²	m ³	132.45
Acero de refuerzo fy= 4200kg/cm ²	kg	13659.59
Barandas metálicas Acero A36, D=120mm, e=4mm	ml	188
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	14.40
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	19



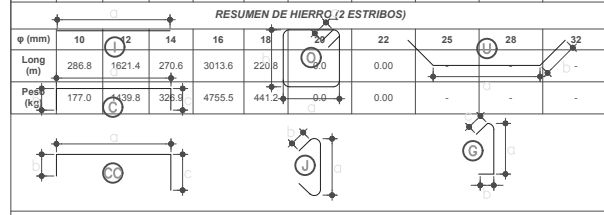


ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL INFERIOR
ESCALA: 1:50

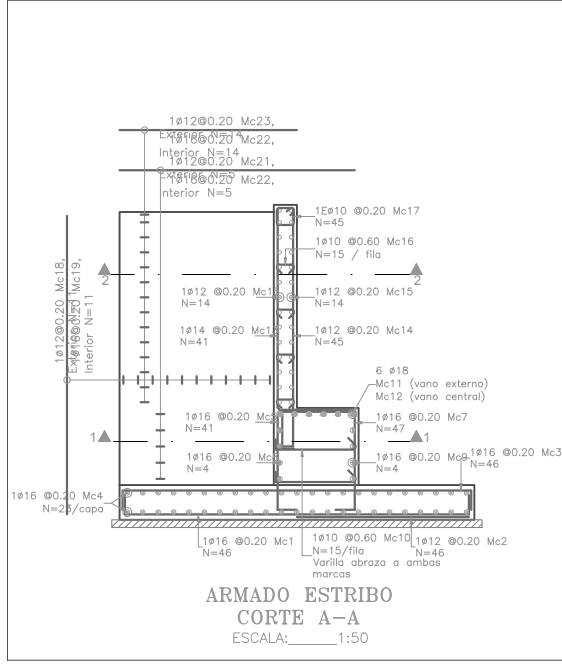
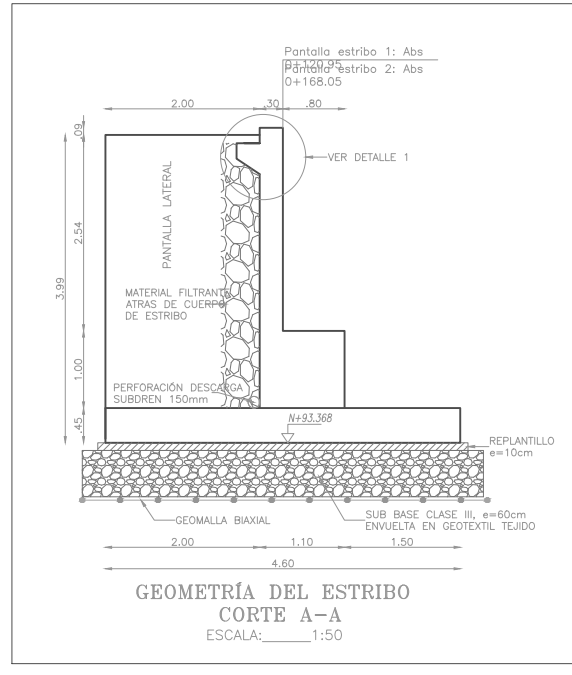
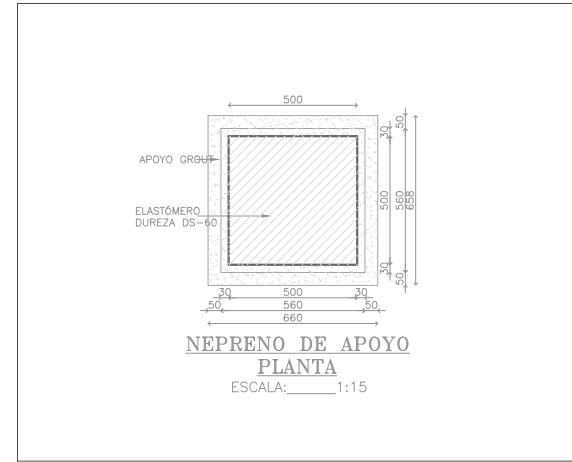
PLANILLA VIGAS METALICAS PUENTE L=47m									
POS	TIPO	cantidad (u)	DIMENSIONES (mm)			PESO W (kg)	Material	Ubicación	
			a	e	L				
VIGA									
100-A	PL	6	2208	10	6031	6272.05	A-588	ALMA	
100-B	PL	6	2202	10	6028	6251.89	A-588	ALMA	
100-C	PL	6	2205	10	7017	7287.54	A-588	ALMA	
100-D	PL	3	2210	10	9000	4684.10	A-588	ALMA	
101	PL	6	480	25	600	339.12	A-588	PATIN INFERIOR	
102	PL	6	430	25	5200	2632.89	A-588	PATIN INFERIOR	
103	PL	6	550	30	6000	4662.90	A-588	PATIN INFERIOR	
104	PL	6	550	30	7000	5440.05	A-588	PATIN INFERIOR	
105	PL	3	550	30	9400	3652.61	A-588	PATIN INFERIOR	
106	PL	6	300	20	5600	1582.56	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR	
107	PL	6	360	20	2000	678.24	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR	
108	PL	3	360	20	7000	1186.92	A-588	CUBRE PLACA PATIN INFERIOR	
109	PL	6	480	20	600	271.30	A-588	PATIN SUPERIOR	
110	PL	6	380	20	5600	2004.58	A-588	PATIN SUPERIOR	
111	PL	6	380	20	6000	2147.76	A-588	PATIN SUPERIOR	
112	PL	6	480	25	7000	3956.40	A-588	PATIN SUPERIOR	
113	PL	3	480	25	8600	2430.36	A-588	PATIN SUPERIOR	
114	PL	12	150	25	2200	777.15	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL APOYO	
115	PL	33	140	12	2197	956.14	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL	
116	PL	48	140	12	2200	1392.65	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL	
117	PL	12	140	12	288	45.58	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL	
118	PL	6	140	12	982	77.70	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL	
119	PL	6	140	12	1428	112.99	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL	
120	PL	48	140	12	2583	1635.10	A-588	RIGIDIZADOR HORIZONTAL	
121	UPN 100	474				150	753.66	A-36	CONECTOR DE CORTE
ARRIOSTRAMIENTO									
200	L 100x100x10	40				2980	1778.46	A-36	DIAPHRAGMAS
201	PL	8	120	25	120	22.61	A-588	PLACA DIAFRAGMA APOYO	
202	PL	32	120	12	120	43.41	A-588	PLACA DIAFRAGMA INTERMEDIO	
203	PL	72	150	8	300	203.47	A-588	PLACA ARRIOST. HORZ. INFERIOR	
204	L75x75x8	8				3303	228.30	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
205	L75x75x8	4				3264	112.80	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
206	L75x75x8	24				3185	660.44	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
207	L100x100x10	20				3438	1025.90	A-36	DIAPHRAGMA APOYO/INTER
208	L100x100x10	20				3503	1045.30	A-36	DIAPHRAGMA APOYO/INTER
209	PL	4	200	25	200	31.40	A-588	PLACA DIAFRAGMA APOYO	
210	PL	10	200	12	200	37.68	A-588	PLACA DIAFRAGMA INTERMEDIO	
PERNO φ12mm		232							
PESO TOTAL DEL PUENTE kg						66422.01	kg		
TOTAL ACERO A588						60817.14	kg		
TOTAL ACERO A36						5604.87	kg		

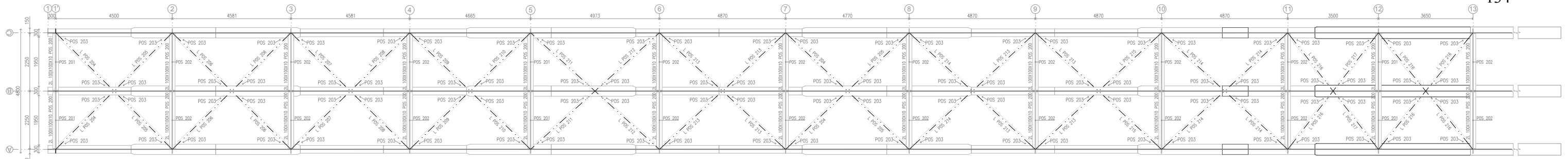


PLANILLA DE HIERROS (1 ESTRIBO)										
Mc	Tipo	φ (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
1	C	16	4.46	0.25		4.96	46	228.16	360.04	
2	I	12	2.25			2.25	46	103.50	91.91	
3	C	16	4.46	0.25		4.96	46	228.16	360.04	
4	C	16	9.06	0.25		9.56	46	439.76	693.94	
5	CC	16	1.33	0.25	1.00	2.58	41	105.78	166.92	
7	CC	16	1.33	0.25	1.00	2.58	47	121.26	191.35	
8	I	16	9.10			9.10	4	36.40	57.44	
9	C	16	9.10	0.25		9.60	4	38.40	60.60	
10	G	10	1.00	0.10	0.10	1.20	30	36.00	22.21	
11	L	18	3.75	0.25		4.00	12	48.00	95.90	
12	C	18	2.90	0.25		3.40	6	20.40	40.76	
13	L	14	3.15	0.15		3.30	41	135.30	163.44	
14	L	12	3.15	0.15		3.30	45	148.50	131.87	
15	I	12	9.10			9.10	28	254.80	226.26	
16	J	10	0.20	0.10		0.20	60	12.00	7.40	
17	O	10	0.20	0.20	0.10	1.00	45	45.00	27.77	
18	C	12	3.84	0.25	0.25	4.34	22	95.44	84.75	
19	L	16	3.84	0.25		4.09	22	89.98	141.99	
20	C	12	1.33	0.25		1.83	6	10.98	9.75	
21	L	12	3.00	0.25		3.25	10	32.50	28.86	
22	C	16	2.40	0.25		2.90	38	110.20	173.90	
23	L	12	2.20	0.25		2.70	28	75.60	67.13	
24	U	12	0.90	0.20		1.30	36	46.80	41.56	
25	C	18	0.70	0.75		2.20	10	22.00	43.96	
26	C	18	0.50	0.75		2.00	10	20.00	39.96	
27						1.62	36	58.32	92.03	ver plano
28	J	10	0.20	0.10		0.40	36	14.40	8.88	
29	J	10	0.25	0.10		0.45	36	16.20	10.00	
30	J	10	0.35	0.10		0.55	36	19.80	12.22	
31	I	12	7.10			7.10	6	42.60	37.83	
32	L	16	1.25	0.15		1.40	36	50.40	79.53	
TIPO DE HIERROS								Total (kg)	3570.18	

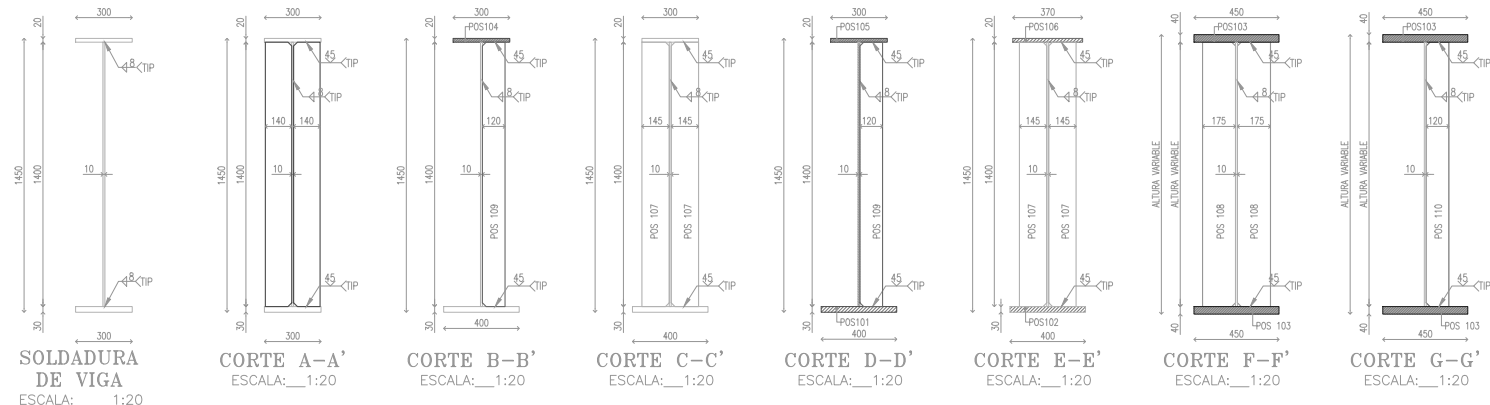


CANTIDADES DE MATERIALES 2 ESTRIBOS		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c = 240 kg/cm2	m3	92.26
Hormigón f'c = 180 kg/cm2	m3	9.02
Acero de refuerzo fy = 4200kg/cm2	kg	7140.36
Malla electrosoldada R150x150x8	m2	115.20
Sub Base Clase III	m3	72.7
Material filtrante	m3	33
Geomalla biaxial para cimentación	m2	102
Geotextil tejido para cimentación	m2	45
Apoyos de neopreno 50x50x5 Dureza 60	u	6
Tubería para subdrén D=150mm	m	18.40
Geotextil tejido para subdrén	m2	9.10



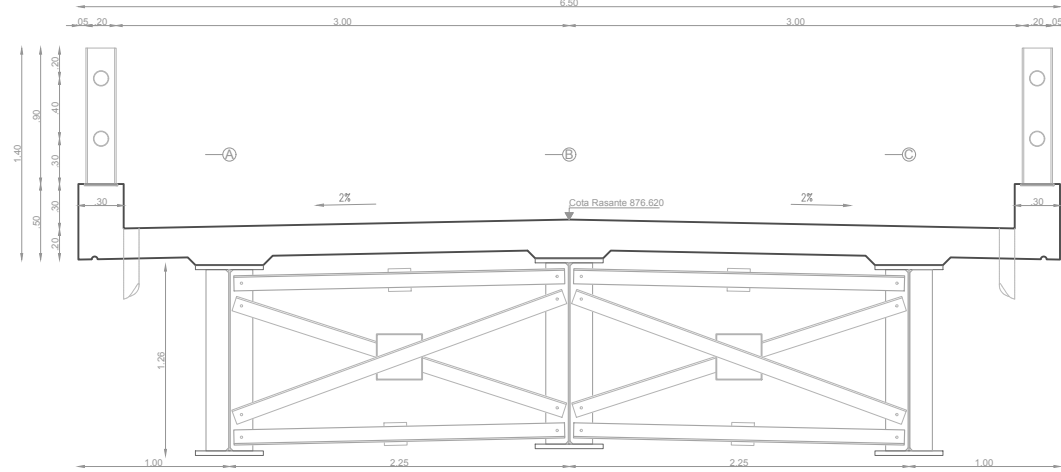


ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL INFERIOR
ESCALA: 1:75

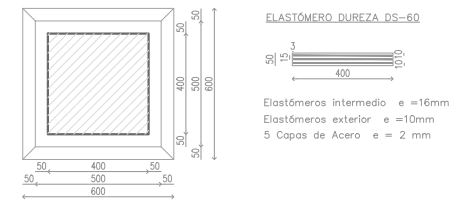


SOLDADURA DE VIGA ESCALA: 1:20
CORTE A-A' ESCALA: 1:20
CORTE B-B' ESCALA: 1:20
CORTE C-C' ESCALA: 1:20
CORTE D-D' ESCALA: 1:20
CORTE E-E' ESCALA: 1:20
CORTE F-F' ESCALA: 1:20
CORTE G-G' ESCALA: 1:20

PLANILLA VIGAS METALICAS PUENTE								
POS	TIPO	cantidad (u)	DIMENSIONES (mm)			PESO W (kg)	Material	Ubicación
			a	e	L			
VIGA								
100-B	PL	3	1000	10	1390	327.35	A-588	ALMA
100-C	PL	3	1390	10	2575	842.91	A-588	ALMA
100-D	PL	3	1390	10	6000	1964.07	A-588	ALMA
101	PL	3	400	30	1000	283.50	A-588	PATIN INFERIOR
102	PL	3	400	30	2575	727.70	A-588	PATIN INFERIOR
103	PL	6	450	40	6000	5086.80	A-588	PATIN INFERIOR / SUPERIOR
104	PL	9	300	20	1000	423.90	A-588	PATIN SUPERIOR
105	PL	3	300	20	2000	282.60	A-588	PATIN SUPERIOR
106	PL	3	370	30	2075	542.42	A-588	PATIN SUPERIOR
107	PL	54	145	12	1400	1032.62	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL DIAFRG.
108	PL	6	175	20	1308	215.62	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL EN VIGA TRAPEZOIDAL
109	PL	15	120	12	1400	237.38	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL INTERMEDIOS
110	PL	12	320	12	1400	177.43	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL EN VIGA TRAPEZOIDAL
111	PL	6	145	20	1400	191.23	A-588	RIGIDIZADOR VERTICAL DIAFRG. EJE 5
112	UPN 100	852				1354.68	A-36	CONECTOR DE CORTE
ARRIOSTRAMIENTO								
200	L 100X100X10	104			2200	8083.50	A-36	DIAPRAGMAS
201	PL	12	120	20	120	27.13	A-588	PLACA DIAFRAGMA APOYOS
202	PL	36	120	12	120	48.83	A-588	PLACA DIAFRAGMA INTERMEDIO
203	PL	96	150	10	300	339.12	A-588	PLACA ARROST. HORZ. INFERIOR
204	L 100X100X8	4			2620	125.34	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
205	L 100X100X8	4			2545	121.75	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
206	L 100X100X8	4			2496	119.41	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
207	L 100X100X8	2			2567	61.40	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
208	L 100X100X8	2			2639	63.12	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
209	L 100X100X8	2			2663	63.70	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
210	L 100X100X8	2			2519	60.25	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
211	L 100X100X8	4			2604	124.58	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
212	L 100X100X8	2			2678	64.06	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
213	L 100X100X8	8			2722	260.44	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
214	L 100X100X8	6			2574	184.71	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
215	L 100X100X8	2			2649	63.36	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
216	L 100X100X8	6			2195	157.51	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
217	L 100X100X8	2			2160	51.67	A-36	ARRIOSTRAMIENTO INFERIOR
218	L 100X100X10	2			2403	169.80	A-36	DIAPRAGMA DIAGONALES APOYO/INTER
219	L 100X100X10	2			2367	167.25	A-36	DIAPRAGMA DIAGONALES APOYO/INTER
220	L 100X100X10	20			2392	1690.19	A-36	DIAPRAGMA DIAGONALES APOYO/INTER
221	L 100X100X10	20			2356	1664.75	A-36	DIAPRAGMA DIAGONALES APOYO/INTER
222	L 100X100X10	2			2327	164.43	A-36	DIAPRAGMA DIAGONALES APOYO/INTER
223	L 100X100X10	2			2295	162.16	A-36	DIAPRAGMA DIAGONALES APOYO/INTER
224	PL	6	300	20	300	84.78	A-588	PLACA DIAFRAGMA APOYO
225	PL	18	300	12	300	152.60	A-588	PLACA DIAFRAGMA INTERMEDIO
PERNO ϕ 12mm								
PESO TOTAL DEL PUENTE							27965.16	kg
TOTAL ACERO A588							12987.09	kg
TOTAL ACERO A36							14978.07	kg



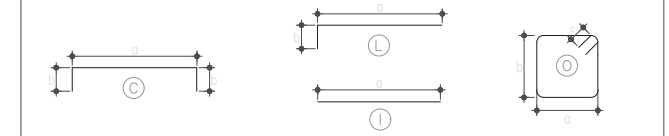
GEOMETRÍA SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA: 1:25



NEPRENO DE APOYO PLANTA
ESCALA: 1:15

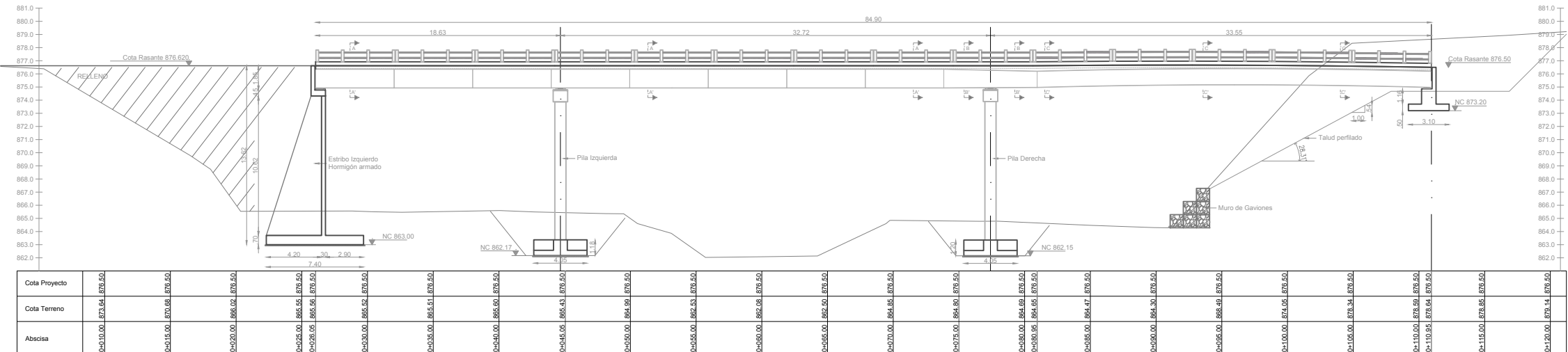
PLANILLA DE IERROS TABLERO										
Mc	Tipo	ϕ (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
Mc.01	C	14	6.44	2	X	0.15	6.74	568	3828.32	4624.61
Mc.02	C	14	6.44	2	X	0.15	6.74	426	2871.24	3468.46
Mc.03	I	14	88.75				88.75	33	2928.75	3537.93
Mc.04	I	10	88.05				88.05	33	2905.65	1792.79
Mc.05	C	10	1.65	2	X	0.15	1.95	426	830.70	512.54
Mc.06	C	14	1.65	2	X	0.15	1.95	852	1661.40	2006.97
Mc.07	I	10	10.0				10.0	66	660.0	407.22
Mc.08	I	14	10.0				10.0	66	660.0	797.26
Total (kg)										17147.80

RESUMEN DE HIERRO											
ϕ (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	0.00	4396.35	0.00	11949.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso (kg)	0.00	2712.55	0.00	14435.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



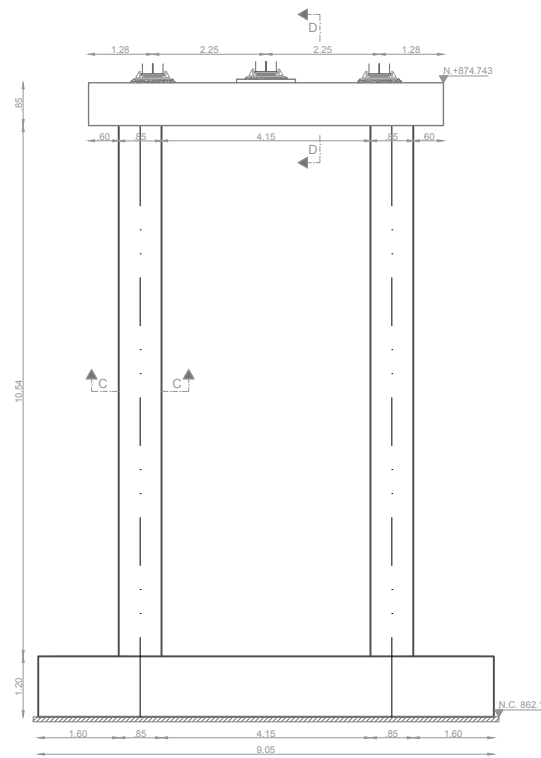
CANTIDADES DE MATERIALES TABLERO		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c = 280 kg/cm ²	m ³	132.52
Acero de refuerzo fy = 4200kg/cm ²	kg	17147.80
Junta de dilatación tipo JNA 50	ml	13.00
Tubo drenaje PVC 100mm	ml	21.00

PLANILLA PROTECCIONES								
POS	TIPO	cantidad (u)	DIMENSIONES (mm)			PESO W (kg)	Material	Ubicación
			a	e	L			
VIGA								
100	PL	112	250	10	250	549.50	A-36	PLACA BASE POSTE
101	HEB 200	552			900	30453.84	A-36	POSTE
102	ϕ 4"	165			3350	5414.81	A-36	BARANDA
PERNO ϕ 12mm							448	
PESO TOTAL 36418.15 kg								

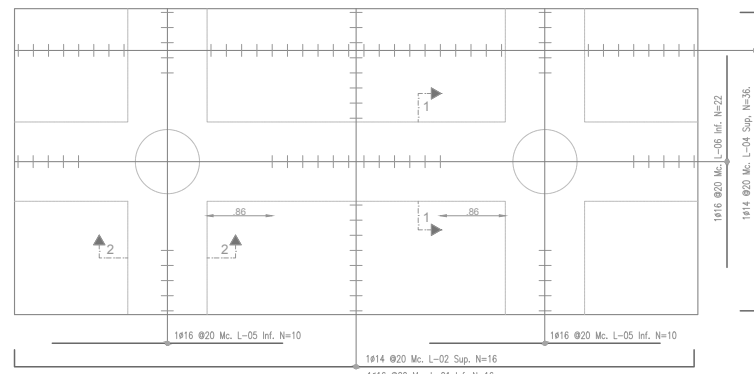


ELEVACIÓN
ESCALA: 1:200

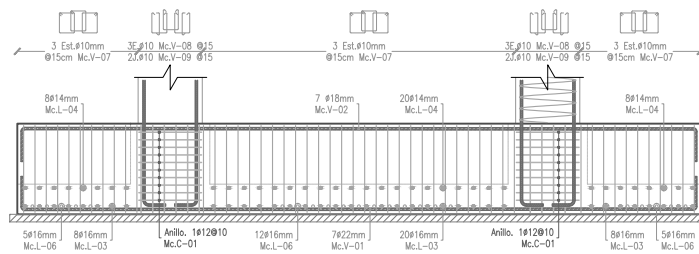
Cota Proyecto	0+00.00	0+05.00	0+10.00	0+15.00	0+20.00	0+25.00	0+30.00	0+35.00	0+40.00	0+45.00	0+50.00	0+55.00	0+60.00	0+65.00	0+70.00	0+75.00	0+80.00	0+85.00	0+90.00
Cota Terreno	873.04	870.66	870.50	866.65	870.50	866.65	870.50	866.65	870.50	866.65	870.50	866.65	870.50	866.65	870.50	866.65	870.50	866.65	870.50
Abscisa	0+00.00	0+05.00	0+10.00	0+15.00	0+20.00	0+25.00	0+30.00	0+35.00	0+40.00	0+45.00	0+50.00	0+55.00	0+60.00	0+65.00	0+70.00	0+75.00	0+80.00	0+85.00	0+90.00



GEOMETRÍA PILA DERECHA
ESCALA: 1:75

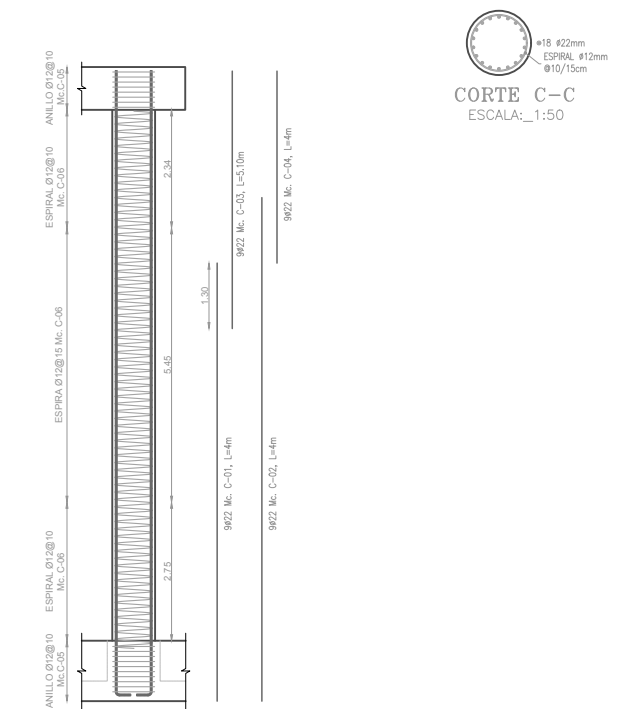


ARMADO LOSA DE CIMENTACIÓN
ESCALA: 1:50



ARMADO VIGA 1 CORTE A-A
ESCALA: 1:50

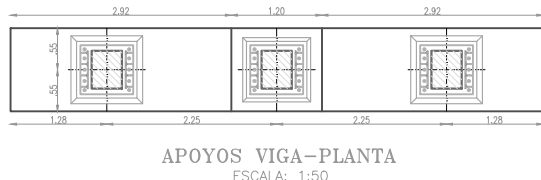
Nota: En el nudo de las vigas se colocarán estribos tipo anillo en la zona de la columna en lugar de zuncho en espiral



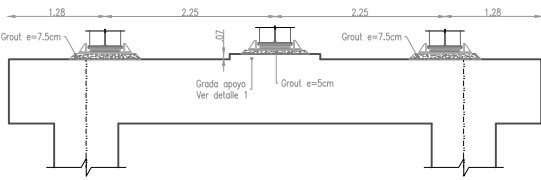
ARMADO DE COLUMNA
ESCALA: 1:75



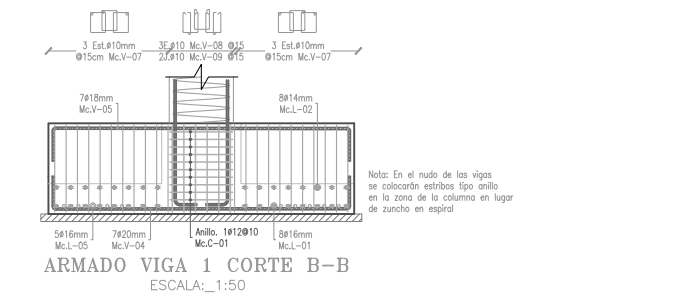
CORTE C-C
ESCALA: 1:50



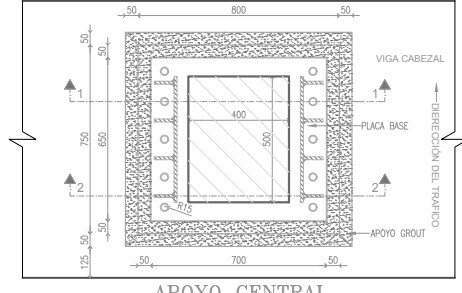
APOYOS VIGA-PLANTA
ESCALA: 1:50



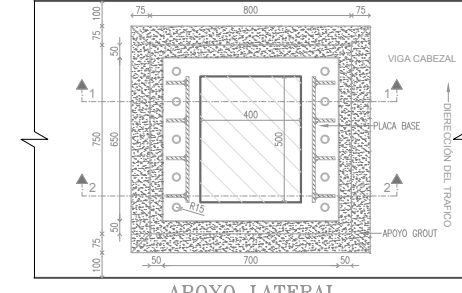
APOYOS VIGA-ELEVACIÓN
ESCALA: 1:50



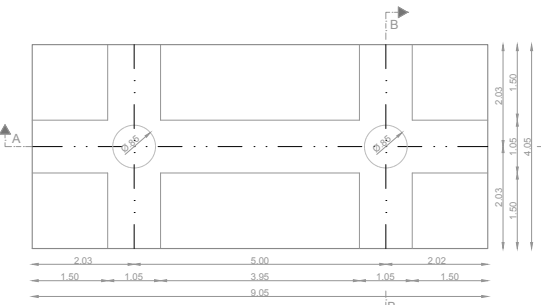
ARMADO VIGA 1 CORTE B-B
ESCALA: 1:50



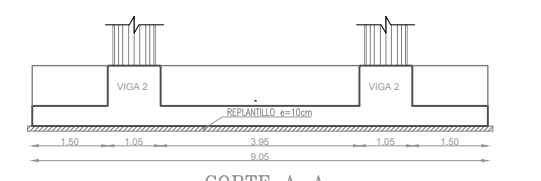
APOYO CENTRAL
ESCALA: 1:15



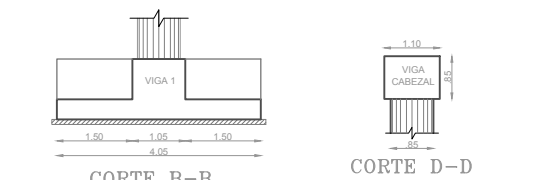
APOYO LATERAL
ESCALA: 1:15



GEOMETRÍA LOSA VIGAS DE CIMENTACIÓN
ESCALA: 1:75

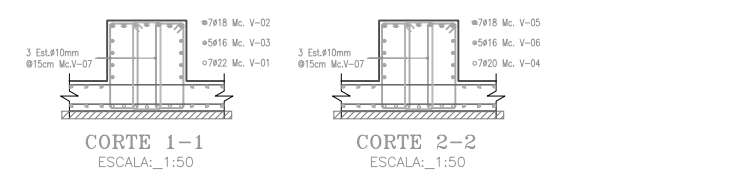


CORTE A-A
ESCALA: 1:75



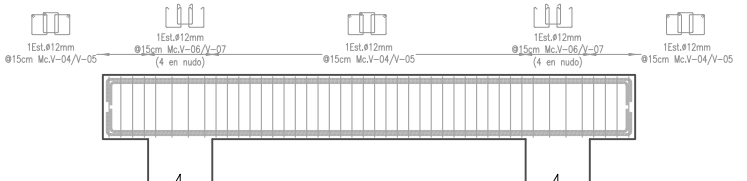
CORTE B-B
ESCALA: 1:75

CORTE D-D
ESCALA: 1:75

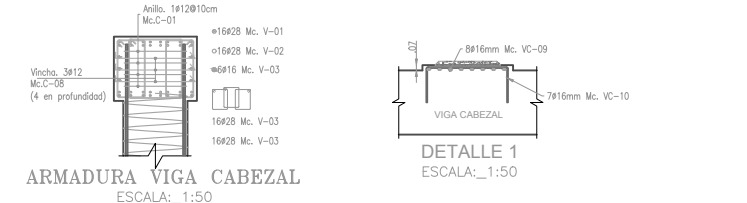


CORTE 1-1
ESCALA: 1:50

CORTE 2-2
ESCALA: 1:50

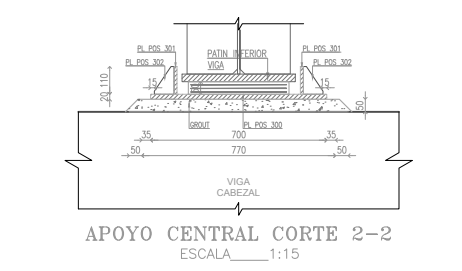


ARMADO DE VIGA CABEZAL
ESCALA: 1:50

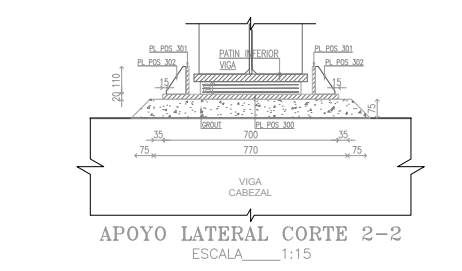


ARMADURA VIGA CABEZAL
ESCALA: 1:50

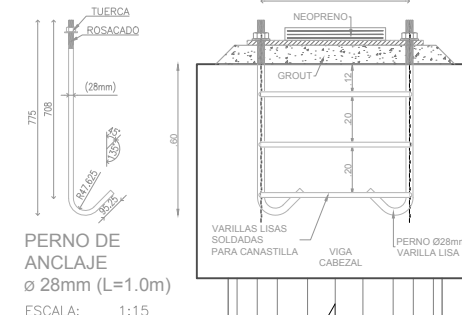
DETALLE 1
ESCALA: 1:50



APOYO CENTRAL CORTE 2-2
ESCALA: 1:15

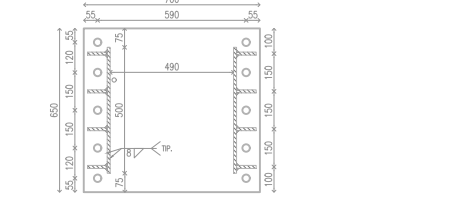


APOYO LATERAL CORTE 2-2
ESCALA: 1:15



PERNO DE ANLAJE
Ø 28mm (L=1.0m)
ESCALA: 1:15

APOYO CENTRAL/LATERAL
CORTE 1-1
ESCALA: 1:15

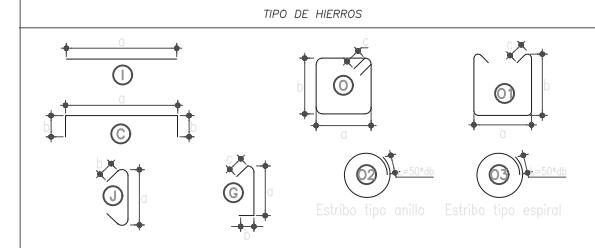


PLACA BASE APOYO
ESCALA: 1:15

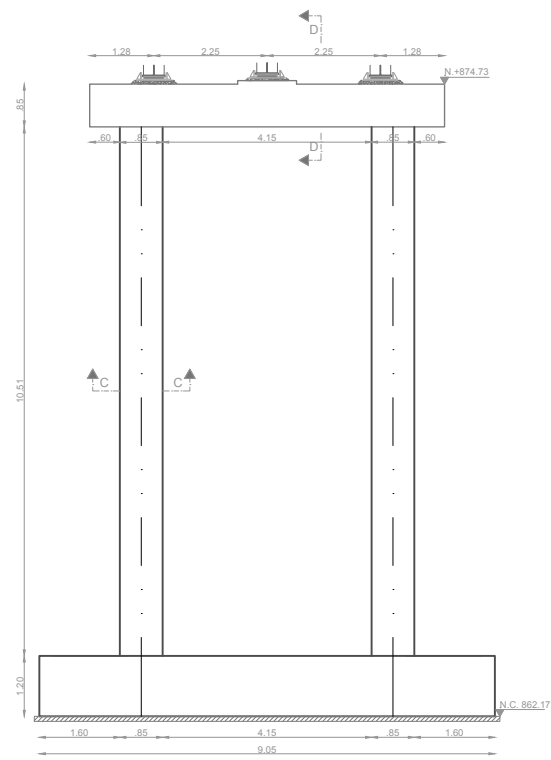


DETALLE SOLDADURA
ESCALA: 1:15

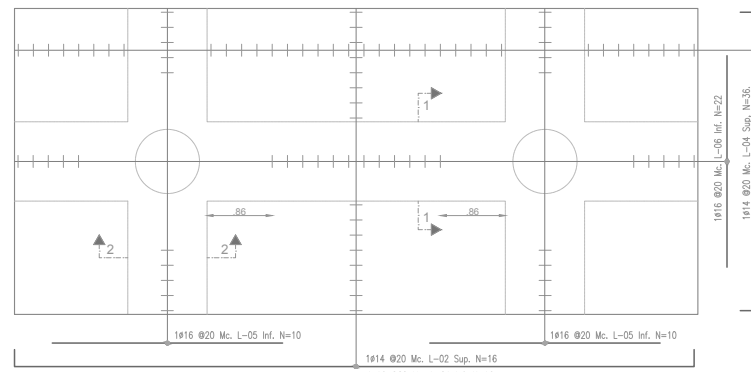
PLANILLA DE HIERROS PILA DERECHA										
Mc	Tipo	a (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
LOSA DE CIMENTACION										
L-01	C	16	8.95	0.25		9.45	16	151.20	238.59	
L-02	C	14	8.95	0.25		9.45	16	151.20	182.65	
L-03	C	16	3.95	0.25		4.45	36	160.20	252.80	
L-04	C	14	3.95	0.25		4.45	36	160.20	193.52	
L-05	I	16	3.05			3.05	20	61.00	96.26	
L-06	I	16	2.80			2.80	22	61.60	97.20	
VIGAS DE CIMENTACION										
V-01	C	22	8.95	0.50		9.95	7	69.65	207.84	
V-02	C	18	8.95	0.50		9.95	7	69.65	139.16	
V-03	I	16	8.95			8.95	8	71.60	112.98	
V-04	C	20	3.95	0.50		4.95	7	34.65	85.45	
V-05	C	18	3.95	0.50		4.95	7	34.65	69.23	
V-06	I	16	3.95			3.95	8	31.80	49.86	
V-07	O	10	0.35	1.10	0.15	3.20	216	691.20	426.47	
V-08	O1	10	0.35	1.10	0.15	2.85	72	205.20	126.61	
V-09	G	10	1.10	0.15	0.15	1.40	16	22.40	13.82	
COLUMNA										
C-01	C	22	8.70	0.30		9.30	36	334.80	999.04	
C-02	C	22	10.00	0.30		10.60	36	381.60	1138.69	
C-03	I	22	5.05			5.05	36	181.80	542.49	
C-04	I	22	3.75			3.75	36	135.00	402.84	
C-05	O2	12	3.50			3.50	40	140.00	124.32	Incluye traslape
C-06	O3	12	229.00			229.00	2	458.00	406.70	Incluye traslape
VIGA CABEZAL										
V-01	C	28	6.95	0.35		7.65	16	122.40	591.68	
V-02	C	28	6.65	0.35		7.35	16	117.60	568.48	
V-03	I	16	6.95			6.95	6	41.70	65.80	
V-04	O	12	0.35	0.75	0.15	2.50	72	180.00	159.84	
V-05	O	12	0.70	0.75	0.15	3.20	36	115.20	102.30	
V-06	O1	12	0.35	0.75	0.15	2.15	16	34.40	30.55	
V-07	O1	12	0.70	1.10	0.15	3.20	8	25.60	22.73	
V-08	G	12	1.00	0.15	0.15	1.30	24	31.20	27.71	
V-09	C	16	1.00	0.50		2.50	8	16.00	25.25	
V-10	C	16	1.10	0.50		2.10	7	14.70	23.20	
									Total (kg)	7524.07
RESUMEN DE HIERRO										
Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	918.8	984.4	311.4	609.6	104.3	34.7	1102.9	0.0	240.0	-
Peso (kg)	566.9	874.1	376.2	961.9	208.4	85.4	3290.9	0.0	1160.2	-



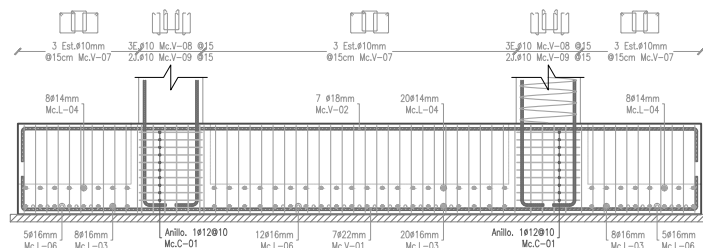
CANTIDADES DE MATERIALES PILA DERECHA		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón Fc= 240 kg/cm ²	m ³	48.0
Hormigón Fc= 180 kg/cm ²	m ³	4.0
Acero de refuerzo fy= 420 kg/cm ²	kg	7524.0
Hormigón ciclopeo	m ³	-
Apoyos de neopreno 45x45x5 Shore 60	u	3



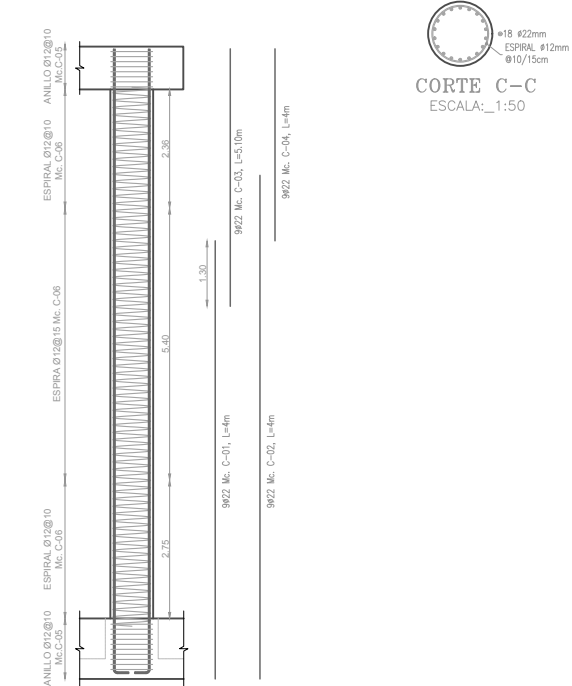
GEOMETRÍA PILA IZQUIERDA
ESCALA: 1:75



ARMADO LOSA DE CIMENTACIÓN
ESCALA: 1:50



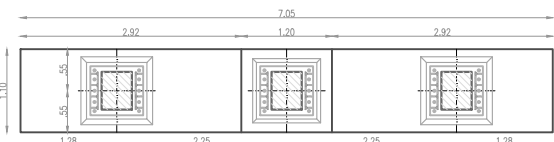
ARMADO VIGA 1 CORTE A-A
ESCALA: 1:50



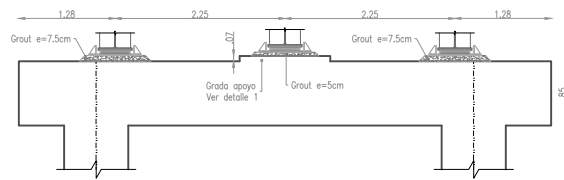
ARMADO DE COLUMNA
ESCALA: 1:75



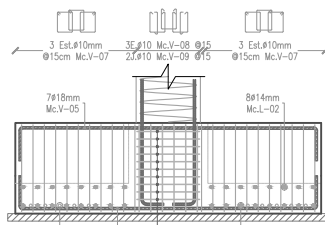
CORTE C-C
ESCALA: 1:50



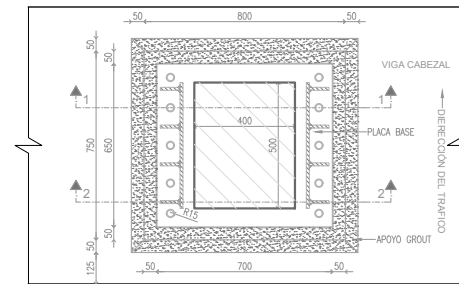
APOYOS VIGA-PLANTA
ESCALA: 1:50



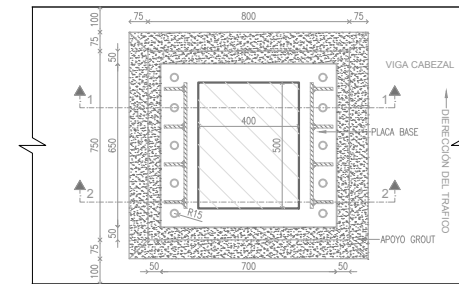
APOYOS VIGA-ELEVACIÓN
ESCALA: 1:50



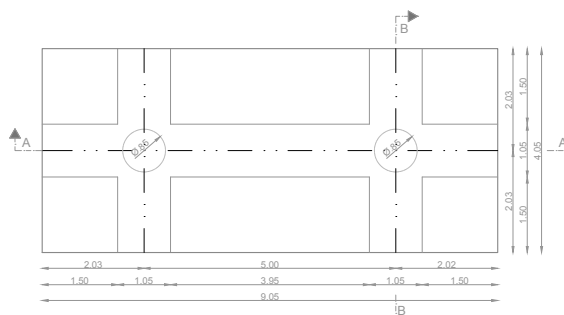
ARMADO VIGA 1 CORTE B-B
ESCALA: 1:50



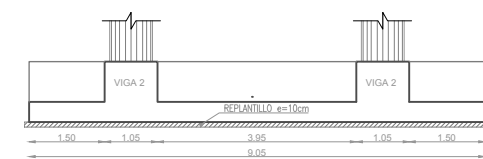
APOYO CENTRAL
ESCALA: 1:15



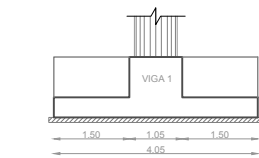
APOYO LATERAL
ESCALA: 1:15



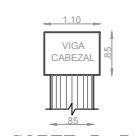
GEOMETRÍA LOSA VIGAS DE CIMENTACIÓN
ESCALA: 1:75



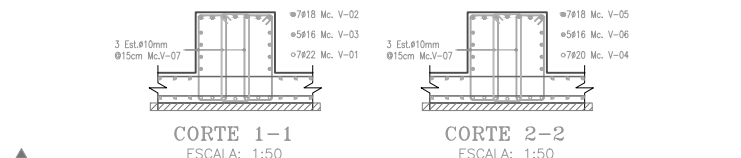
CORTE A-A
ESCALA: 1:75



CORTE B-B
ESCALA: 1:75

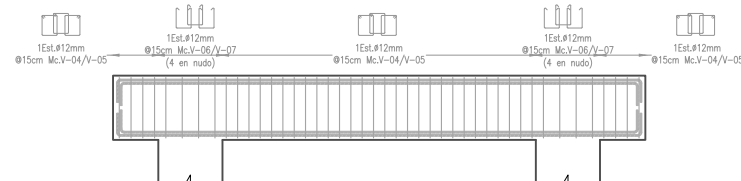


CORTE D-D
ESCALA: 1:75

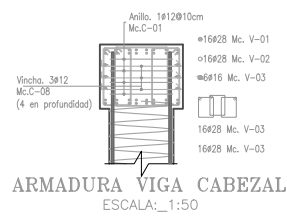


CORTE 1-1
ESCALA: 1:50

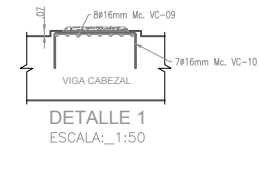
CORTE 2-2
ESCALA: 1:50



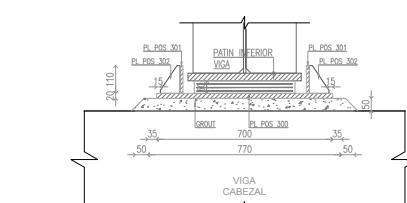
ARMADO DE VIGA CABEZAL
ESCALA: 1:50



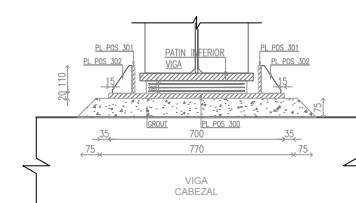
ARMADURA VIGA CABEZAL
ESCALA: 1:50



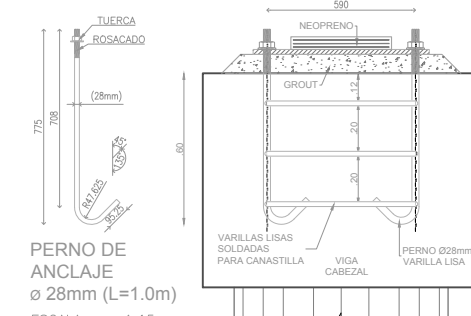
DETALLE 1
ESCALA: 1:50



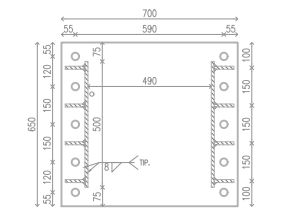
APOYO CENTRAL CORTE 2-2
ESCALA: 1:15



APOYO LATERAL CORTE 2-2
ESCALA: 1:15



APOYO CENTRAL/LATERAL
CORTE 1-1
ESCALA: 1:15

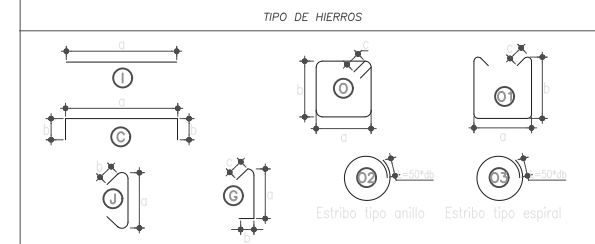


PLACA BASE APOYO
ESCALA: 1:15



DETALLE SOLDADURA
ESCALA: 1:15

PLANILLA DE HIERROS PILA IZQUIERDA										
Mc	Tipo	Ø (mm)	Dimensiones (m)			Longitud (m)	Número	Longitud Total (m)	Peso (kg)	Observ.
			a	b	c					
LOSA DE CIMENTACION										
L-01	C	16	8.95	0.25		9.45	16	151.20	238.59	
L-02	C	14	8.95	0.25		9.45	16	151.20	182.65	
L-03	C	16	3.95	0.25		4.45	36	160.20	252.90	
L-04	C	14	3.95	0.25		4.45	36	160.20	193.52	
L-05	I	16	3.05			3.05	20	61.00	96.26	
L-06	I	16	2.80			2.80	22	61.60	97.20	
VIGAS DE CIMENTACION										
V-01	C	22	8.95	0.50		9.95	7	69.65	207.84	
V-02	C	18	8.95	0.50		9.95	7	69.65	139.16	
V-03	I	16	8.95			8.95	8	71.60	112.98	
V-04	C	20	3.95	0.50		4.95	7	34.65	85.45	
V-05	C	18	3.95	0.50		4.95	7	34.65	69.23	
V-06	I	16	3.95			3.95	8	31.80	49.86	
V-07	O	10	0.35	1.10	0.15	3.20	216	691.20	426.47	
V-08	O1	10	0.35	1.10	0.15	2.85	72	205.20	126.61	
V-09	G	10	1.10	0.15	0.15	1.40	16	22.40	13.82	
COLUMNA										
C-01	C	22	8.70	0.30		9.30	36	334.80	999.04	
C-02	C	22	10.00	0.30		10.60	36	381.60	1138.69	
C-03	I	22	5.10			5.10	36	183.60	547.86	
C-04	I	22	3.80			3.80	36	136.80	408.21	
C-05	O2	12	3.50			3.50	40	140.00	124.32	Incluye traspase
C-06	O3	12	229.00			229.00	2	458.00	406.70	Incluye traspase
VIGA CABEZAL										
V-01	C	28	6.95	0.35		7.65	16	122.40	591.68	
V-02	C	28	6.65	0.35		7.35	16	117.60	568.48	
V-03	I	16	6.95			6.95	6	41.70	65.80	
V-04	O	12	0.35	0.75	0.15	2.50	72	180.00	159.84	
V-05	O	12	0.70	0.75	0.15	3.20	36	115.20	102.30	
V-06	O1	12	0.35	0.75	0.15	2.15	16	34.40	30.55	
V-07	O1	12	0.70	1.10	0.15	3.20	8	25.60	22.73	
V-08	G	12	1.00	0.15	0.15	1.30	24	31.20	27.71	
V-09	C	16	1.00	0.50		2.00	8	16.00	25.25	
V-10	C	16	1.10	0.50		2.10	7	14.70	23.20	
									Total (kg)	7534.81
RESUMEN DE HIERRO										
Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Long (m)	918.8	984.4	311.4	609.6	104.3	34.7	1106.5	0.0	240.0	-
Peso (kg)	566.9	874.1	376.2	961.9	208.4	85.4	3301.6	0.0	1160.2	-



CANTIDADES DE MATERIALES PILA IZQUIERDA		
Rubro	Unidad	Cantidad
Hormigón f'c= 240 kg/cm ²	m ³	48.0
Hormigón f'c= 180 kg/cm ²	m ³	6.0
Acero de refuerzo fy= 420 kg/cm ²	kg	7534.81
Hormigón ciclopeo	m ³	-
Apoyos de neopreno 45x45x5 Shore 60	u	3