

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ARQUITECTURA Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE TIPO**

**ARCO DE LUZ DE 40 METROS”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE **INGENIERO CIVIL**

QUE PRESENTA EL BACHILLER:

**OMAR EDWIN CAHUA CHARA**

***AREQUIPA – PERÚ***

2013

# ÍNDICE

## ESQUEMA CONCEPTUAL

### CAP. I GENERALIDADES

	PAG.	
1.1	UBICACIÓN	
01		
1.2	DESCRIPCION DEL PUNTE	
02		
1.3	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	03
1.4	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	
03		
1.5	OBJETIVOS DEL PROYECTO	
04		
1.5.1	OBJETIVOS GENERALES	
04		
1.5.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	
04		
1.6	JUSTIFICACION	
05		
1.7	LIMITACIONES	
05		

### CAP. II MARCO TEORICO

2.1	INTRODUCCION	
06		
2.2	DEFINICION DE PUENTE	
06		
2.3	TIPOS DE PUENTES ARCO	
07		
2.4	ELEMENTOS DE UN PUENTE	
09		
2.4.1	SUPERESTRUCTURA	
09		

2.4.2	SUBESTRUCTURA	
	13	
2.5	ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL	
	18	
2.6	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	
	19	
2.7	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS	19
2.8	ESTUDIOS DE SUELO	
	21	
2.9	ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN DE PUENTES	
	23	
2.10	CARGAS	
	23	
2.10.1	CARGA MUERTA.	
	23	
2.10.2	CARGA MOVIL	
	24	
2.10.3	CARGA SÍSMICA	
	31	
2.11	EMPUJE DEL SUELO	39

### **CAP. III IMPACTO AMBIENTAL**

3.1	INTRODUCCION	41
3.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	41
2.2.1	OBJETIVO GENERAL	41
2.2.2	OBJETIVO ESPECIFICO	
	41	
3.3	METODOS DE ANALISIS	
	42	
3.3.1.	IDENTIFICACION DE IMPACTO AMBIENTAL	
	42	
3.3.2.	PREVENCION DE IMPACTO AMBIENTAL	
	43	
3.3.3.	INTERPRETACION DE IMPACTO AMBIENTAL	
	44	

3.4	PLAN DE MONITOREO	44
-----	-------------------	----

#### **CAP. IV ESTUDIO HIDROLOGICO**

4.1	INTRODUCCION	
		46
4.2	ANÁLISIS DE LA INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA	
		46
4.2.1	OBJETIVOS	46
4.2.2	METODOLOGÍA	47
4.2.3	FASE PRELIMINAR	47
4.2.3.1	CARTOGRAFIA	49
4.2.3.2	CONSISTENCIA DE LA INFORMACION.	50
4.2.3.3	COMPLEMENTACION Y EXTENSION DE DATOS	51
4.2.4	FASE APLICATIVA	51
4.3	ESTUDIO HIDROGRÁFICO Y MORFOLÓGICO DE LA SUB CUENCA DEL RIÓ CACHIMAYO	
		53
4.3.1	DESCRIPCIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA HASTA LA ZONA DEL PUENTE	53
4.3.2	PARAMETROS MORFOLOGICOS DE LA FORMA DE LA CUENCA	54
4.3.2.1	DELIMITACIONES	54
4.3.2.2	NUMERO DE ORDEN DE CAUCES	55
4.3.2.3	RELACION DE BIFURCACION	56
4.3.2.4	INFORMACION DE AREA DE ELEVACION	57
4.3.2.5	DENSIDAD DE DRENAJE	58
4.3.2.6	DENSIDAD DE CORRIENTE	59
4.3.2.7	DESNIVEL DE LA CUENCA	60
4.3.2.8	PENDIENTE DE LA CUENCA	60
4.3.2.9	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL	61

4.3.2.10	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	64
4.3.2.11	FACTOR DE FORMA	65
4.3.3	EVALUACION DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA	66
4.3.3.1	ANÁLISIS DE DOBLE MASA	67
4.3.3.2	ANALISIS POR CORRELACION LINEAL	67
4.3.3.3	PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA	68
4.3.4	DISTRIBUCION TEORICA DE PRECIPITACIONES	71
4.3.4.1	DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III	71
4.3.4.2	DISTRIBUCIÓN GUMBEL - VALORES EXTREMOS (TIPO I)	75
<b>CAP V. ESTUDIO DE SUELOS Y SOCAVACION</b>		
5.1	OBJETIVOS DEL ESTRUDIO	95
5.2	SISMICIDAD DE AREA EN ESTUDIO	96
5.3	INVESTIGACIONES DE CAMPO	96
5.4	ENSAYOS DE LABORATORIO	98
5.5	CLASIFICACION DE SULEO	101
5.6	PERFILES ESTRATIGRAFICOS	102
5.7	ANALISIS DE CIMENTACION	102
5.8	DETERMINACION DE PROFUNDIDAD DE SOCAVACION	106
<b>CAP VI. ESTUDIO DE TRÁFICO</b>		
6.1	OBJETIVO	109
6.2	CONTEO DE TRAFICO	110

6.3	CLASIFICACION Y TABULACION	
		111
6.4	CALCULO DEL INDICE MEDIO DIARIO(IMD)	
		112
6.5	TRAFICO PROYECTADO	
		113

## **CAP VII. ESTUDIO DE TRAZO Y DE LOS ACCESOS**

7.1	DISEÑO GEOMETRICO	
		114
7.2	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
		115
7.3	SECCIONES TRANSVERSALES	
		116

## **CAP VIII. ANALISIS Y DISEÑO DEL PUENTE**

8.1	ANALISIS ESTRUCTURAL	
		121
8.2	ANALISIS SISMICO	
		128
	8.2.1	MODO DE VIBRACION
		130
	8.2.1	DESPLAZAMIENTO
		131
8.3	COMBINACIONES DE CARGAS	
		131
8.4	RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL DEL TABLERO	
		132
8.5	DISEÑO DEL TABLERO	
		134
8.6	RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL VIGAS Y COLUMNA	
		137
8.7	DISEÑO DE ACERO DE VIGAS Y COLUMNA	
		143

8.8 RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL  
DEL ESTRIBO

163

8.9 DISEÑO DE ACERO DEL ESTRIBO Y ALEROS

165

8.10 DISEÑO DE ZAPATA (CIMENTACION)

167

**CAP IX. COSTO Y TIEMPO DEL PUENTE**

9.1 INTRODUCCION

171

9.2 METRADO DEL PUENTE

171

9.3 PRESUPUESTO DEL PUENTE

174

9.4 PROGRACION DE OBRA DEL PUENTE

197

**CONCLUSIONES**

198

**RECOMENDACIONES**

199

**BIBLIOGRAFIA**

200

**ANEXO**

# CAPITULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. UBICACIÓN:

- DEPARTAMENTO: AREQUIPA
- PROVINCIA: UNION
- DISTRITOS: CHARCANA

FOTO N° 1.1 UBICACION



FOTO N° 1.2 LONGITUD DEL PUENTE



**FOTO N° 1.3**



## **1.2 DESCRIPCION DEL PUENTE**

- Luz del Puente: 40 metros
- Numero de Vías: 02
- Tipo de Estructura: Puente de tablero superior (viga tipo arco)

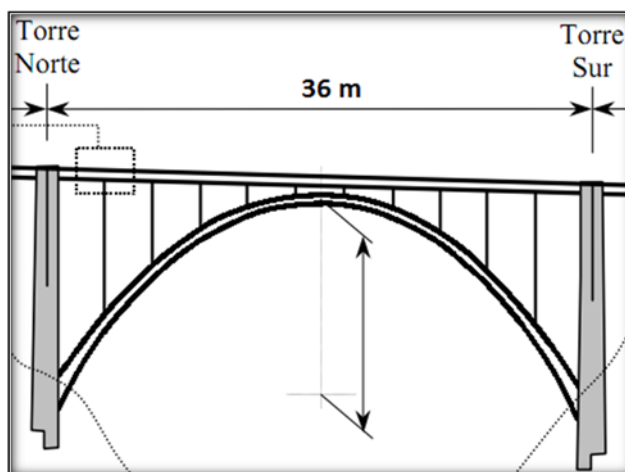
**MAGEN N° 1.1**



**IMAGEN N° 1.2**



**IMAGEN N° 1.3**



### **1.3 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA:**

En la actualidad los pobladores del distrito de Charcana cuentan con un medio de comunicación accidentado en casi todo su trayecto, pasando por ríos y quebradas que no cuentan con un puentes para conectar las vías de comunicación y establece la integración entre las ciudades importantes como Arequipa, Cotahuasi, Distrito de Charcana, entre otros.

### **1.4 DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

El problema está en el aislamiento del distrito de Charcana, genera problemáticas no sólo de comunicación, si no de retraso socio-cultural, para poder llegar a Charcana se prolonga por largos lapsos de tiempo, ya que el acceso vial está muy alejado. Así mismo, en épocas de

precipitaciones pluviales, el transporte de éstos perjudica a los pobladores quedando el camino intransitable, muchas veces en su totalidad.

Así mismo, la educación se perjudica por falta de medios de transporte rápido y masivo (buses, mini buses, camiones, camionetas rurales y otros vehículos menores). También las urgencias médicas por salud se tornan sólo graves por falta de un acceso vial. Es decir, la salud se ve afectada de urgencias médicas no pueden ser atendidas a tiempo, por eso los índices de morbilidad y mortalidad son altos. Por lo tanto, queda decir que por la falta del puente (acceso) no permita desarrollar la zona, de ahí los bajos niveles de educación, altos niveles de pobreza, y altos riesgos de seguridad en el traslado de los pobladores.

La migración poblacional de Charcana es permanente por las bajas condiciones de vida, los jóvenes migran a los centros urbanos como Arequipa donde existen todos los servicios y mejores oportunidades de empleo. Con el proyecto se pretende mejorar los niveles de vida en el acceso a mercados, mejores servicios de educación y salud.

## **1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL:**

Analizar y Diseñar la estructura del puente vehicular que proporcione una solución viable, segura y económica al aislamiento del distrito de Charcana

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Realizar el levantamiento topográfico.
- Realizar el estudio Hidrológico.
- Realizar el estudio de suelos.
- Diseño de sismo
- Análisis y diseño del Puente Vehicular Tipo Arco de 40m de longitud por 8m de ancho de vía, con sus respectivos estribos de concreto armado  $f_c=280\text{kg/cm}^2$ .

- Mejoramiento y construcción de accesos (puente a construir, en una longitud de 40m)
- Diseño de los contrafuertes
- Diseño los de Aleros de protección de estribos, de concreto armado  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  en una longitud de 20m.

## 1.6 JUSTIFICACION

El diseño del puente vehicular beneficiará a la población distrital de Charcana principalmente, que necesita trasladarse, La elaboración del diseño del puente vehicular; proporcionará una nueva opción, de vía de comunicación buscando un acceso de circulación por el puente vehicular.

El puente facilitará el acceso, beneficiará a la población tanto en economía y reducción de tiempo al momento de trasladarse de un lugar a otro. Es uno de los principales mecanismos que fortalecen el desarrollo económico, social y cultural del distrito de Charcana.

## 1.7 LIMITACIONES

- Las limitaciones podrían centrarse en cuanto al costo y tiempo de elaboración de proyecto de tesis así como de satisfacer determinadas exigencias estéticas del proyecto.
- Las soluciones al problema no puede obtenerse mediante un proceso matemático rígido, donde se aplique rutinariamente un determinado conjunto de reglas y formulas.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEORICO:**

#### **2.1. INTRODUCCION.**

Para optar al título profesional de Ingeniería Civil, como parte fundamental en el Plan de Tesis: **“ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE TIPO ARCO L=40 m”**, será necesario un levantamiento Topográfico como paso previo a todo el estudio. Teniendo el levantamiento topográfico se procederá a realizar el trazo correspondiente para cual motivo se utilizara el método del Trazado Indirecto.

#### **2.2. DEFINICIÓN DE PUENTE.**

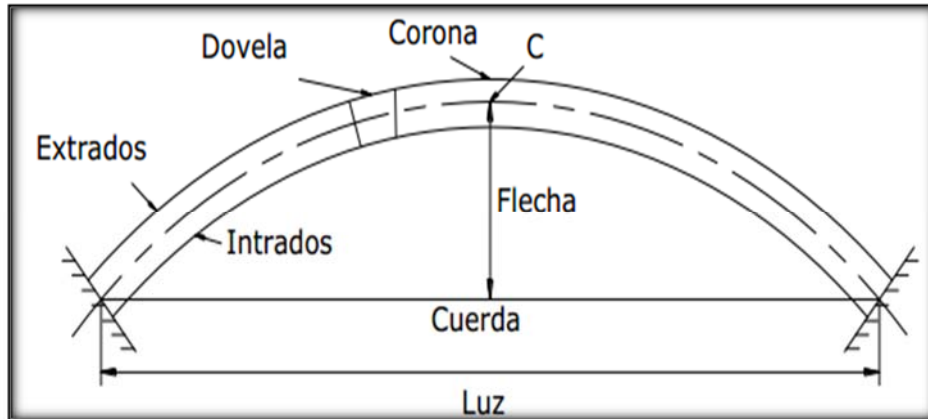
Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos y poder trasladarse de una zona a otra. El objeto de cruzar una vía de comunicación con un puente, es el de evitar accidentes y facilitar el tránsito de viajeros, animales y mercancías. Los elementos principales que se pueden distinguir en los puentes son los siguientes:

- **Superestructura:** parte del puente que se construye sobre apoyos como son la losa, las vigas, bóveda, estructura metálica, etc. Siendo los elementos estructurales que constituyen el tramo horizontal.
- **Subestructura:** está conformada por los estribos, pilas centrales, etc. Siendo estos los que soportan al tramo horizontal.

Los arcos han jugado un papel importante en la historia de puentes, varios ejemplos sobresalientes se han forjado extendiéndose desde arcos de mampostería construidos

por los romanos hasta modernos arcos de concreto pretensados o arcos de acero con luces de más de 300m.

**GRAFICO N° 2.1 COMPONENTES DEL ARCO**

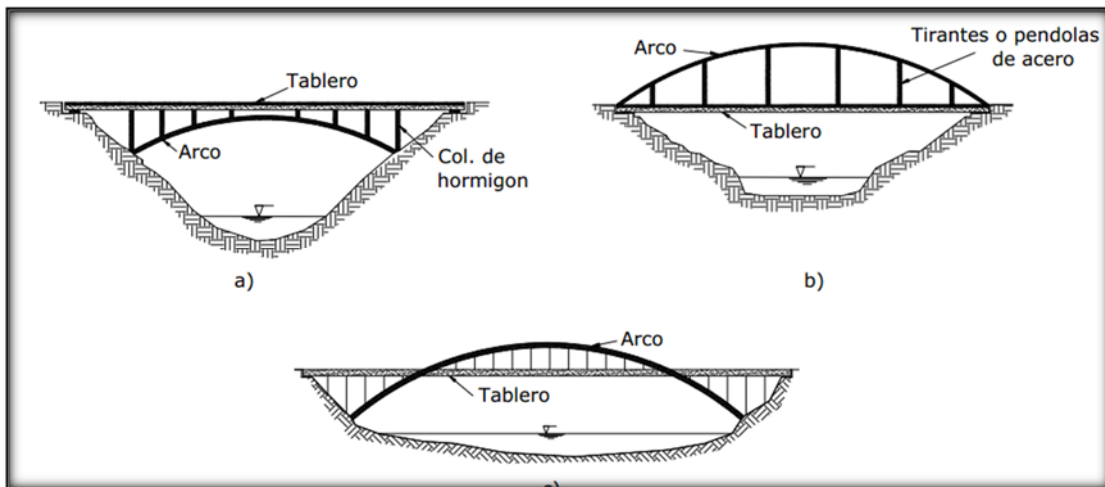


Un arco verdadero, teóricamente es aquel que tiene solo fuerzas de compresión actuando en el centroide de cada elemento arco. La forma de un arco verdadero es el inverso del que se forma cuando se tiene dos puntos de apoyo y se cuelga una cuerda, la cual corresponde a una curva catenaria. Prácticamente es imposible tener un arco verdadero de puente excepto para una condición de carga. Usualmente un puente arco está sujeto múltiples cargas (cargas muertas, cargas vivas, temperatura, etc.) Los cuales producen tensiones de flexión en el arco que generalmente son pequeños comparados con las tensiones axiales. Los puentes arcos se pueden clasificar según a sus articulaciones y según a la posición del tablero.

### 2.3. TIPO DE PUENTE ARCO

De acuerdo a sus articulaciones pueden ser de una articulación, biarticulados, triarticulados, y empotrados. De acuerdo a la posición del tablero el arco puede trabajar por encima del tablero, por debajo el tablero o puede ser al nivel intermedio dando origen a los arcos de tablero superior, inferior, interior

## GRAFICO N° 2.2 TIPO DE PUENTE ARCO



**Tablero superior.** Las cargas se transmiten al arco con elementos a compresión, denominados montantes.

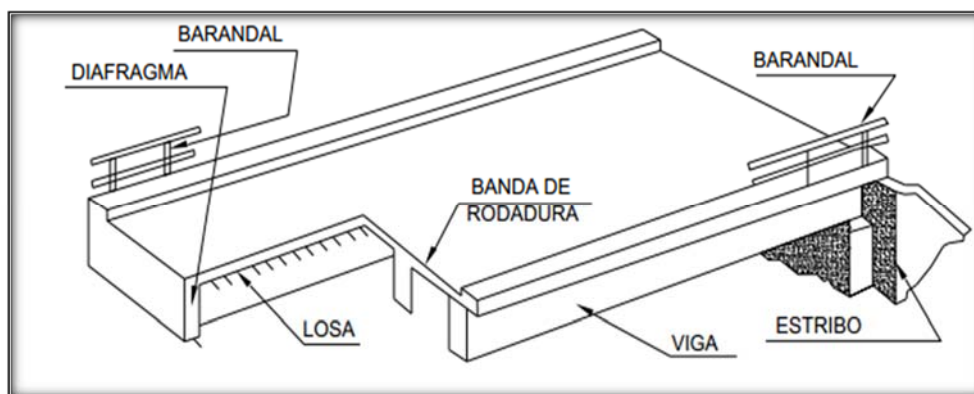
**Tablero inferior.** Las cargas son transmitidas al arco con elementos de tensión, denominados tirantes o tensores.

**Tablero Intermedio.** Es la acción conjunta de lo descrito anteriormente.

Los puentes arco no eran difíciles de analizar antes de la aparición de los computadores, en la actualidad se utilizan elementos tridimensionales no lineales. La relación flecha luz de un puente arco está entre 1:4.5 a 1:6. Para soportar el tablero es recomendable usar pendolones de cables o columnas de hormigón, los pendolones de cables trabajan a tracción y las columnas de hormigón trabajan a compresión. Otro aspecto importante que debe ser tomado en cuenta y que no puede ser ignorado es la posibilidad de pandeo del arco, porque el puente arco está sujeto a elevadas fuerzas axiales. Entre las desventajas de un puente arco es que este debe ser construido antes de entrar en funcionamiento

## GRAFICO N° 2.3

### ELEMENTOS DE PESO MUERTO DE UN PUENTE



## 2.4. ELEMENTOS DE UN PUENTE

### 2.4.1. SUPERESTRUCTURA.

Es la parte superior de un puente, que une y salva la distancia entre uno o más claros. La superestructura consiste en el tablero (losa) soporta directamente las cargas y las armaduras.

De acuerdo al Inventario Estado de Condición del Puente (IECP) del Sistema de Administración de Puentes (SAP), propiedad del Ministerio de Obras Públicas;

La superestructura está formada por dos partes:

- Elementos Principales.
- Elementos Secundarios

#### 2.4.1.1. Elementos principales.

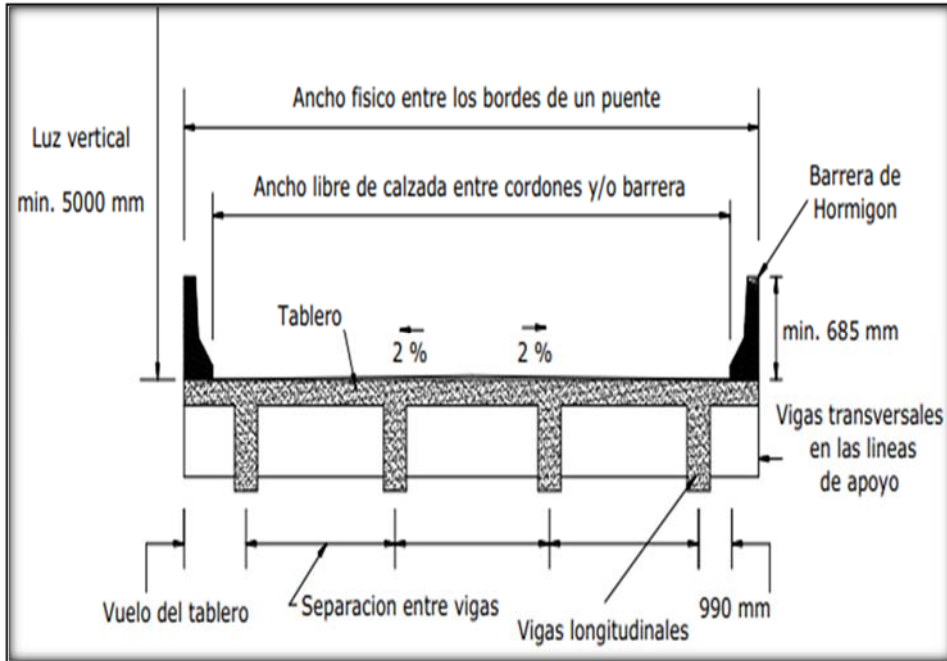
Es el elemento que transmite las cargas vivas (transito) y muertas (peso propio de la superestructura) a los apoyos extremos e intermedios de la infraestructura (estribos y pilas).

Los elementos principales de la superestructura son de acuerdo al tipo de puente.

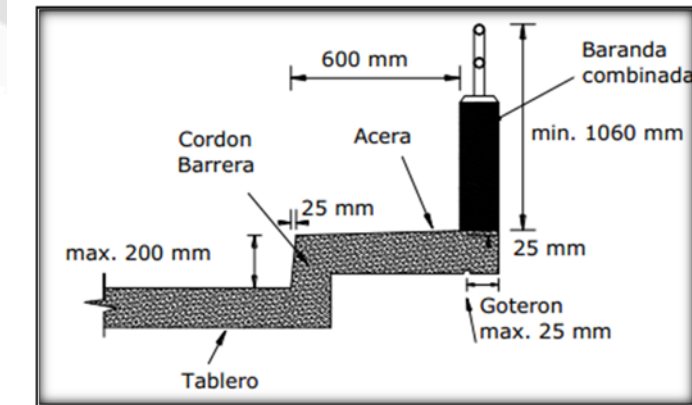
#### A) tablero.

La estructura de éste tipo de puente, consiste en una plancha de concreto reforzado o preesforzado, madera o metal, y sirve de tablero al mismo tiempo. Los puentes del tipo losa sólo alcanzan a salvar luces pequeñas, generalmente hasta 10mts., esto se debe a que el costo se incrementa para luces mayores y por el peso propio de la misma estructura.

**GRAFICO N° 2.4  
TABLERO Y ESTRUCTURA PORTANTE**



**GRAFICO N° 2.5  
ACCESORIOS DE UN TABLERO**



**B) Vigas.**

Los puentes de vigas utilizan como elemento estructural vigas paralelas a la carretera, que soportan esfuerzos de componente vertical y transmiten las cargas recibidas a las pilas y estribos del Sobre las vigas se dispone una losa de concreto reforzado

### **C) Estructura Metálica.**

El acero es un material que soporta muy bien los esfuerzos de flexión, compresión y tracción, y esta propiedad se emplea en la construcción de puentes metálicos en arco o de vigas de acero. La armadura es una viga compuesta por elementos relativamente cortos y esbeltos conectados por sus extremos. La carga fija del peso del pavimento y la carga móvil que atraviesa el puente se transmiten por medio de las vigas transversales del tablero directamente a las conexiones de los elementos de la armadura. En las diversas configuraciones triangulares creadas por el ingeniero diseñador, cada elemento queda o en tensión o en compresión, según el patrón de cargas, pero nunca están sometidos a cargas que tiendan a flexionarlos. Este sistema permite realizar a un costo razonable y con un gasto mínimo de material estructuras de metal que salvan desde treinta hasta más de cien metros, distancias que resultan económicamente imposibles para estructuras que funcionen a base de flexión, como las vigas simples descritas anteriormente. Vigas más simples están formadas por tablonos de madera, perfiles de acero laminado o secciones rectangulares de concreto reforzado.

#### **2.4.1.2. Elemento Secundario.**

Son elementos complementarios de la superestructura siendo necesarios para la estabilidad de la estructura y posibilitan el tránsito por el puente.

##### **A) Diafragmas Transversales.**

Los diafragmas son considerados como elementos simplemente apoyados, que sirven como rigidizadores entre vigas, y que a su vez transmiten fuerzas a las vigas longitudinales a través del cortante vertical, el cual es transmitido por el apoyo directo de la losa sobre la viga y por medio de varillas de acero que traspasan la viga longitudinal.

## **B) Arriostramiento.**

Permiten mantener los elementos estructurales en posición correcta, se usan generalmente en las estructuras metálicas, y según su ubicación en la estructura puede clasificarse como:

- Arriostramiento del portal: El Arriostramiento del portal se encuentra en la parte superior en los extremos de una armadura de paso a través y proporciona estabilidad lateral y transferencia de cortante entre armaduras.
- Arriostramiento transversal: Los puntales transversales son miembros estructurales secundarios que se atraviesan de lado a lado entre armaduras en nudos interiores y al igual que el arriostramiento del portal proporcionan estabilidad lateral y transferencia de cortante entre armaduras.
- Arriostramiento lateral superior: Los puntales laterales superiores están situados en el plano de la cuerda superior y proporciona estabilidad lateral entre las dos armaduras y resistencia contra los esfuerzos provocados por el viento.
- Arriostramiento lateral inferior: Los puntales laterales inferiores están situados en el plano de la cuerda inferior y proporcionan estabilidad lateral y resistencia a los esfuerzos por viento.

## **B) Barandas.**

Son elementos de seguridad que se encuentran a los costados del puente, su función es la de canalizar el tránsito y eventualmente evitan la caída de vehículos y personas

## **C) Calzadas.**

La calzada o superficie de rodamiento proporciona el piso para el tránsito de los vehículos y se coloca sobre la cara superior de la losa estructural. En el caso de ser un puente tipo bóveda o súper span, la calzada va sobre el relleno de ésta estructura, si fuese un puente modular iría sobre los tablonés de madera o puede ser la misma madera la calzada. Generalmente la calzada es colocada después de colada la losa, aunque existen también calzadas coladas

integralmente con la losa estructural. Cuando se utiliza esta técnica se le designa como piso monolítico. Las calzadas en nuestro país generalmente son de concreto asfáltico o de concreto hidráulico, aunque pueden encontrarse de balaste, metálicas o madera, y se considera que no proporciona capacidad de carga a la estructura.

#### **2.4.2. SUBESTRUCTURA.**

La subestructura consiste de todos los elementos requeridos para soportar la superestructura y la carretera del paso elevado. Los componentes básicos de la subestructura consisten de los siguientes:

- Aparatos de apoyo
- Estribos
- Pilas

**Apoyos:** Los apoyos son conjuntos estructurales instalados para garantizar la segura transferencia de todas las reacciones de la superestructura a la subestructura y deben cumplir dos requisitos básicos: distribuir las reacciones sobre las áreas adecuadas de la subestructura y ser capaces de adaptarse a las deformaciones elásticas, térmicas y de otras índoles inducidas por la superestructura, sin generar fuerzas restrictivas perjudiciales. Los apoyos han sido tan simples como dos placas de acero, hasta tan complejos como dispositivos mecánicos compuestos por numerosas partes de distintos materiales. En general, los apoyos se clasifican en fijos y móviles. Los apoyos fijos permiten únicamente deflexiones angulares restringiendo los desplazamientos horizontales; estos tipos de apoyos deben ser diseñados para resistir las componentes verticales y horizontales de las reacciones. Los apoyos de tipo móvil permiten que el extremo de un puente, en el que existe uno de éstos, se mueva libremente hacia delante y atrás, debido a la expansión y/o contracción ocasionada por los cambios de temperatura; o

debido a cambios en la longitud del puente ocasionados por las cargas vivas, evitando la aparición de reacciones horizontales perjudiciales en los apoyos del puente.

**Estribos:** Un estribo puede definirse como una combinación de muro de retención y cimentación que soporta un extremo de la superestructura de un puente y que a la vez transmite las cargas al suelo de cimentación, sostiene el relleno de tierra situado junto a su trasdós y también ofrece protección contra la erosión. Los estribos son construidos a base de concreto reforzado, mampostería reforzada y mampostería de piedra (tipo muro de gravedad). Las diferencias que se pueden mencionar entre los estribos y los muros convencionales son:

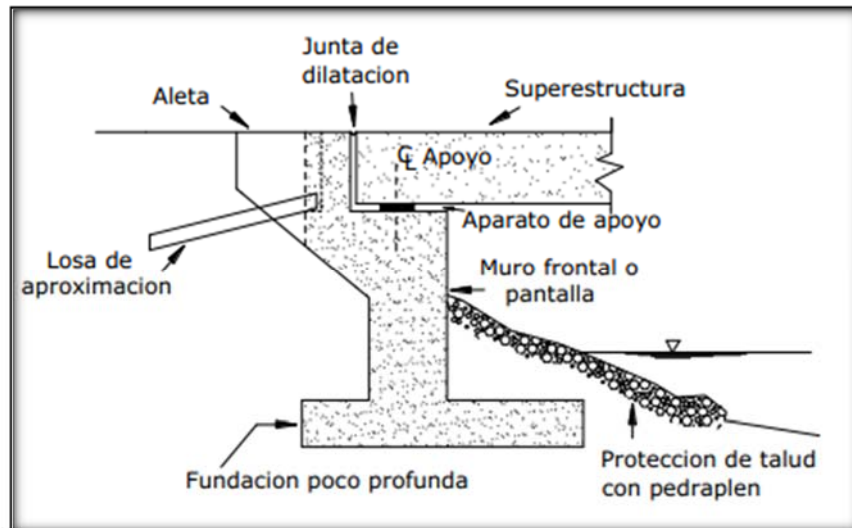
- a) Los estribos soportan las reacciones extremas del claro del puente.
- b) los estribos están restringidos en la parte superior por el tablero del puente.

Generalmente un estribo consta de cuatro partes: El asiento del puente o cabezal, cuerpo, aletones y fundación. También existen estribos a base de marcos constituidos por vigas, columnas, aletones y su correspondiente fundación.

El asiento del puente es la parte del estribo donde son colocados los apoyos, y que soportan directamente la superestructura. El cuerpo es el que sostiene el asiento del puente y soporta el ancho del terraplén que se encuentra directamente en el extremo de la superestructura. Los aletones son construidos generalmente a base de concreto reforzado o de mampostería de piedra y tienen base de concreto reforzado o de mampostería de piedra y tienen por objeto contener el relleno de los costados y contrarrestar la erosión. El cuerpo y los aletones pueden o no ser monolíticos. Tener fundaciones separadas o estar los aletones unidos en voladizo al cuerpo. Los aletones tienen a flexionarse diferentemente al cuerpo, tanto en magnitud como en dirección. Por ello, cuando el cuerpo es construido monolíticamente con los aletones, los esfuerzos en las juntas indicaran refuerzos especiales. Estos esfuerzos son producto de una combinación de momentos verticales y horizontales, cortantes más torsión. Si los aletones

están separados del cuerpo, juntas especiales son necesarias para prevenir grietas y desalineamientos.

**GRAFICO N° 2.6**  
**COMPONENTES DE UN ESTRIBO**



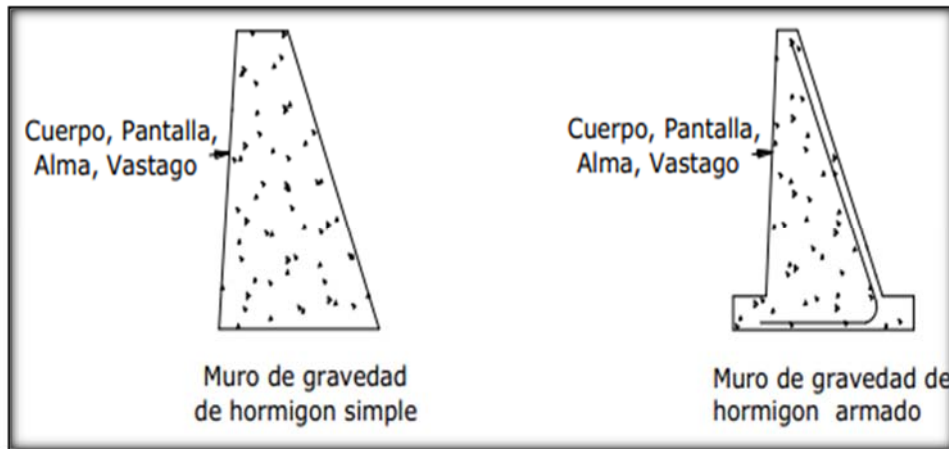
### **Tipos de estribos**

La variedad de tipos de estribos es muy amplia por lo cual se los puede dividir de diferentes maneras:

**Estribo tipo gravedad.-** Se construyen con concreto simple o con mampostería. Dependen de su peso propio y de cualquier suelo que descansa sobre la mampostería para su estabilidad, apenas se coloca cuantía nominal de acero cerca de las caras expuestas para evitar fisuración superficial provocada por los cambios de temperatura

## GRAFICO N° 2.7

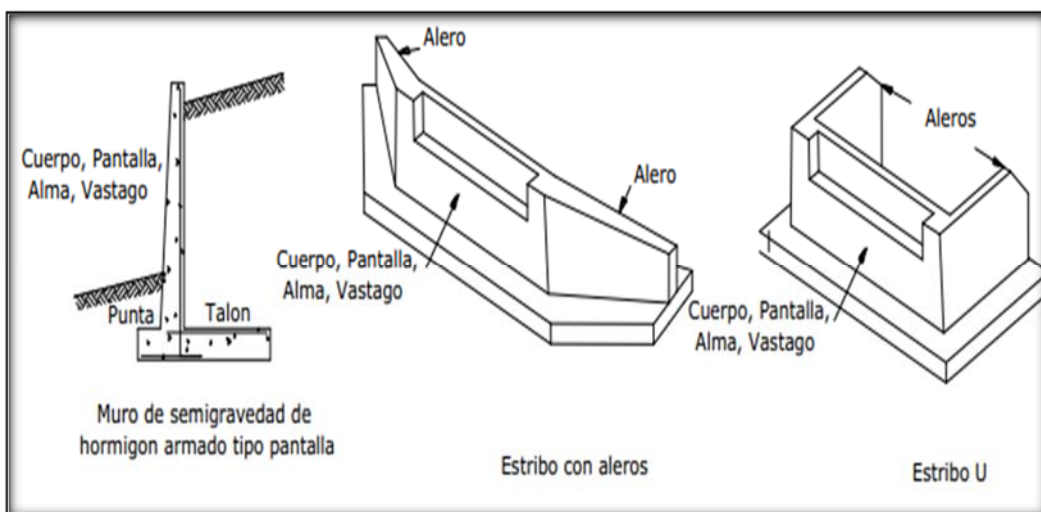
### TIPOS DE MURO DE CONTENCIÓN



**Estribo tipo semigravedad en voladizo.**- Este estribo también conocido como estribo tipo pantalla consiste en una alma, cuerpo o vástago de hormigón y una losa base de hormigón, siendo ambos elementos relativamente esbeltos y totalmente armados para resistir los momentos y cortantes a los cuales están sujetos. Como se puede observar estos estribos pueden tener alas o aleros para retener el terraplén de la carretera. Podemos observar un estribo con las alas perpendiculares al asiento del puente, este es conocido como estribo U

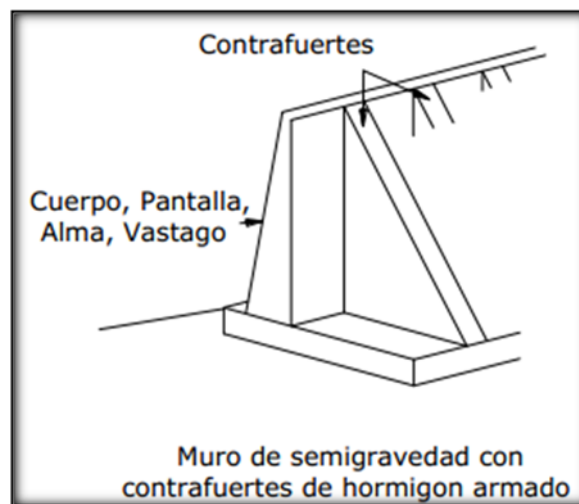
## GRAFICO N° 2.8

### TIPOS DE ESTRIBOS



**Estribo con contrafuertes.**- Este estribo consiste en una delgada losa de hormigón (generalmente vertical) que sirve como paramento, soportada del lado interno mediante losas o contrafuertes verticales que forman ángulos rectos respecto del paramento. Tanto el paramento como los contrafuertes están conectados a una losa de base, y el espacio por encima de la losa de base y entre los contrafuertes se rellena con suelo. Todas las losas están totalmente armadas

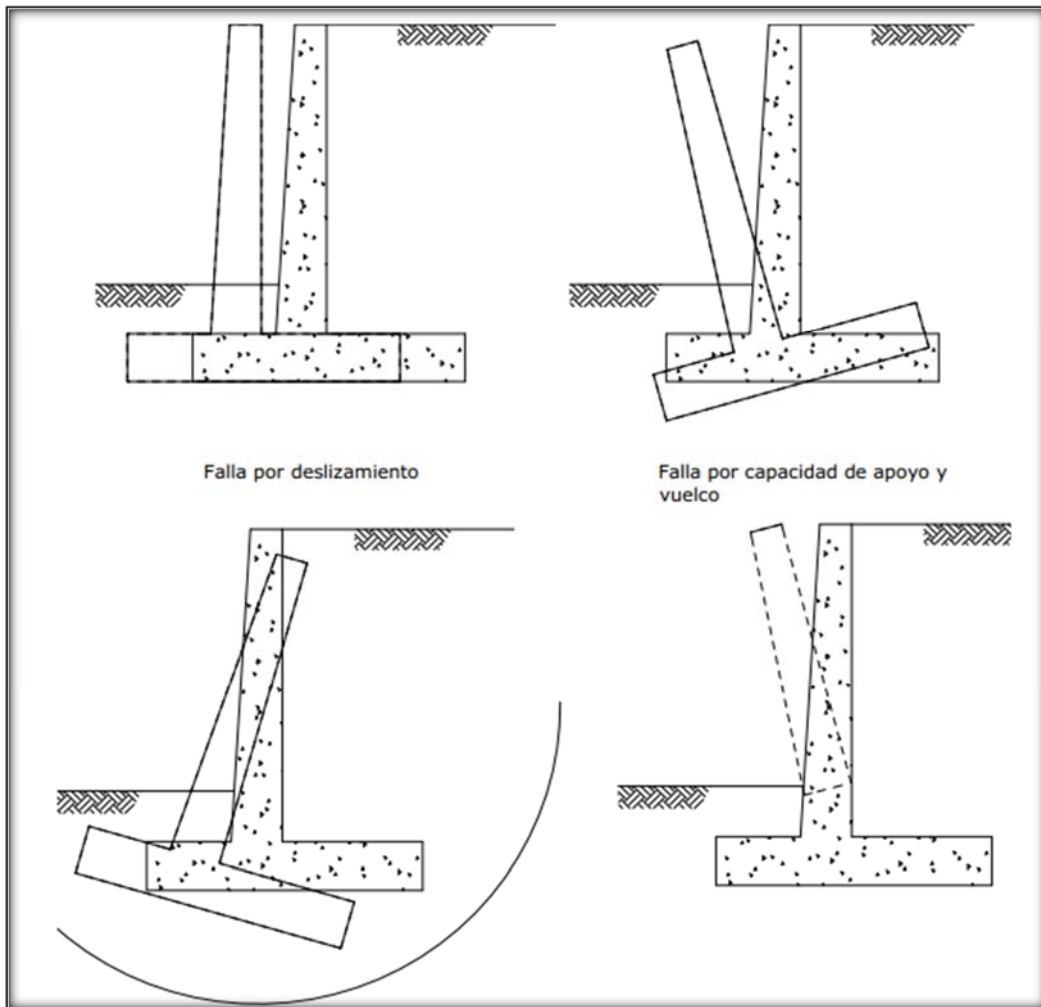
**GRAFICO N° 2.9**  
**MURO CON CONTRAFUERTE**



#### **Requisitos para el diseño de estribo**

Modos de falla para estribos.- los estribos están sujetos a varios estados límites o tipos de falla como es ilustrado en la Figura 7.7, la falla puede ocurrir dentro del suelo o en los elementos estructurales. La falla por deslizamiento ocurre cuando la presión lateral de tierra ejercida sobre el estribo excede la capacidad de fricción de la fundación. Si la presión de apoyo es mayor que la presión del suelo, entonces ocurre una falla por capacidad de apoyo en la base, la falla por cortante ocurre en suelos arcillosos. La falla estructural también debe ser revisada

**GRAFICO N° 2.10**  
**FALLAS POR TIPO DE EMPUJE**



## 2.5. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

La Construcción de un puente modifica el medio y en consecuencia las condiciones socioeconómicas, culturales y ecológicas del ámbito donde se ejecutan; y es allí cuando surge la necesidad de una evaluación bajo un enfoque global ambiental. Muchas veces esta modificación es positiva para los objetivos sociales y económicos que se tratan de alcanzar, pero en muchas otras ocasiones la falta de un debido planeamiento en su ubicación, fase de construcción y etapa de operación puede conducir a serios desajustes debido a la alteración del medio

## **2.6. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.**

Los levantamientos topográficos involucrados en el proyecto de un puente están íntimamente relacionados con los de la carretera correspondiente. Cuando se efectúan los estudios topográficos de las posibles rutas para el desarrollo de una carretera es de interés primordial la ubicación de las obras de paso a proyectarse en éstas. Es así como la trayectoria seleccionada está determinada en gran medida por la ubicación de los puentes u otra infraestructura. Con estos estudios se tendrá una apreciación general de las dimensiones, tipo y dificultades que solucionar, del puente a proyectarse. Los obstáculos a salvar pueden ser ríos, depresiones u otra carretera. Dichos estudios se efectúan a través de los levantamientos necesarios para determinar las características hidráulicas del posible sitio de ubicación del puente. Estos consisten en:

- Levantamiento de la sección transversal en el lugar de paso para ubicación del puente, y para determinar el área hidráulica y nivel de aguas máximas.
- Levantamiento de secciones transversales del río, 25 ó 50 metros aguas arriba y abajo. Con el objeto de observar el comportamiento de la sección hidráulica a lo largo del río.
- Levantamiento de la corriente de agua, con el objeto de determinar la dirección y pendiente del río.

## **2.7. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS**

Los estudios hidrológicos e hidráulicos son de gran importancia en la Ingeniería principalmente en aquellas partes del campo que implican el diseño y operación de proyectos que conllevan el control y uso del agua. Los estudios hidrológicos son necesarios, desde el inicio en la formulación de proyectos para presas, distribución de aguas, regadíos, drenaje y para el caso, la concepción de puentes. En esta área (concepción de puentes) es necesario entre otras cosas la investigación especial del registro de crecidas del caudal (avenidas máximas), obtener todas las pruebas disponibles de las alturas que alcanzaron las crecidas pasadas determinar las

características de las crecidas futuras, y por último estimar de una manera razonablemente precisa la velocidad del agua antes y después de que se construya el puente. Para tal fin, la hidrología se puede dividir en dos frases: la recolección de datos, que involucra el disponer de datos básicos adecuados ya sea mediante instrumentos especializados o por medios humanos sencillos y el análisis de dichos datos, esto último a través de distintos métodos que se adecuan al tipo de datos con los que se cuentan, el problema a atacar y el nivel de aproximación que interesa. A pesar de que el campo de la hidrología es inmenso, existen ciertos conceptos básicos y los diferentes métodos de análisis los que se darán a conocer de una forma general en este apartado. Las investigaciones hidrológicas e hidráulicas para el estudio de puentes deben perseguir los siguientes objetivos.

- Determinación del caudal máximo de diseño para diferentes periodos de retorno, así como su área hidráulica.
- Calcular el nivel de aguas máximas para la avenida de diseño.
- Por último determinar la velocidad de la corriente para la avenida máxima. Para llevar a cabo la recolección de datos y su análisis, el Ingeniero deberá realizar trabajos de campo y de oficina, lo cual incluye:
  - Reconocimiento del lugar de la obra.
  - Información Topográfica.
  - Establecer las características del área tributaria del río (cuenca).
  - Información hidrometeorológica.
  - Evaluación de los caudales.

## **2.8. ESTUDIOS DE SUELO.**

Las subestructuras de puentes transmiten esfuerzos al terreno natural bajo ellas; esos esfuerzos a su vez, producen deformaciones que se reflejan en el comportamiento estructural

de las mencionadas subestructuras; de ahí la necesidad de estudiar el terreno de apoyo o cimentación de éstas. Además, existen factores independientes de la subestructura, aunque a veces influidos por ella, como el agua por ejemplo, que producen efectos en el terreno de cimentación que también se reflejan en el comportamiento de la misma obra, por el cual han de ser asimismo estudiados. Finalmente, la interacción del terreno de cimentación y la subestructura afecta de tal manera al comportamiento conjunto, que es de extrema importancia el estudio de los métodos a disposición del ingeniero para modificar las condiciones del terreno de cimentación cuando sean desfavorables, convirtiéndolas en más propicias; tales métodos también requieren atención. Se entiende por terreno de cimentación, la parte de la corteza terrestre en que se apoya la subestructura y que es afectada por la misma; su función es soportar a dicha obra vial en condiciones razonables de resistencia y deformación.

**TABLA N° 2.1**  
**SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUCS**

<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> (Menos del 50% del material pasa el tamiz N° 200)	<b>GRAVA</b> (Más de la mitad de la FRACCION GRUESA es mayor a la Malla # 4)	<b>GW</b>	Grava bien graduada	Dependiendo del porcentaje de material que pasa el Tamiz # 200 los suelos pueden ser:  Menos del 5% GW, GP, SW, SP  Más del 12% GM, GC, SM, SC  Entre 5 y 12% <b>SIMBOLOGIA DOBLE</b>	$Cu > 4 ; 1 < Cc < 3$
		<b>GP</b>	Grava mal graduada		No cumple requisitos
		<b>GM</b>	Grava Limosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
		<b>GC</b>	Grava Arcillosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
	<b>ARENA</b> (Más de la mitad de la FRACCION GRUESA es menor a la Malla # 4)	<b>SW</b>	Arena bien graduada		$Cu > 6 ; 1 < Cc < 3$
		<b>SP</b>	Arena mal graduada		No cumple requisitos
		<b>SM</b>	Arena Limosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
		<b>SC</b>	Arena Arcillosa		Determinar la clasificación de la Carta de Plasticidades
<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> (Más del 50% del material es menor a la malla N° 200)	<b>ML</b>	Limos inorgánicos	<p style="font-size: small; text-align: center;">INDICE DE PLASTICIDAD (PI)</p> <p style="font-size: small; text-align: center;">0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 (LL)</p>		
	<b>CL</b>	Arcillas Inorgánicas			
	<b>OL</b>	Limos Orgánicos			
	<b>MH</b>	Limos Inorgánicos			
	<b>CH</b>	Arcillas Inorgánicas			
	<b>OH</b>	Arcillas Orgánicas			
	<b>Pt</b>	Turba, suelo orgánico			

## **2.9. ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN DE PUENTES.**

En todo problema de cimentación de subestructura de puentes, la erosión es uno de los aspectos a considerar que han de tratarse con mayor detenimiento. En las subestructuras de pasos a dos niveles el problema de la erosión puede tratarse por medio de los siguientes procedimientos convencionales

- Sembrando en el talud adyacente al frente del estribo o pila algún tipo de planta que sirva como barrera natural contra la erosión. Con este fin se utilizan usualmente izote, zacate, etc.
- Proveyendo a la superficie expuesta de algún tipo de recubrimiento, entre los que cabe mencionar una capa de pavimento o laja

En el caso de las subestructuras de puentes que sirven como obras de paso para salvar cursos de agua. La socavación total en el lecho del río se calcula sumando el resultado de la socavación general del lecho más el obtenido de la socavación local del mismo.

Socavación General del Lecho. La socavación general del lecho se debe a un aumento en la velocidad de la corriente, con lo que aumenta la capacidad de arrastre de las partículas del fondo. Este fenómeno ocurre durante las avenidas y sólo cuando la velocidad de la corriente es mayor que la velocidad necesaria para erosionar el suelo. Cuando esto sucede, la socavación es independiente de la velocidad de la corriente.

## **2.10. CARGAS**

### **2.10.1. CARGA MUERTA.**

Las cargas muertas o llamadas también cargas permanentes; son cargas de magnitud constante que se mantienen en un solo ubicación. Las constituyen el peso propio de la estructura y todas las demás cargas inmóviles vinculadas permanentemente a la misma. Así, para un puente de carretera, la carga muerta consiste en el peso de la estructura completa

(subestructura y subestructura). La superestructura incluye las vigas principales, el sistema de piso, los diafragmas, la banda de rodamiento, las aceras, barandales, postes de iluminación y otro equipo misceláneo que esté sujeto a la misma. En la subestructura, la carga muerta consiste en el peso propio de la pila o del estribo según sea el caso, incluyendo el peso de los dispositivos de apoyo colocados en la parte superior y el de otras estructuras unidas a ellas, más las reacciones por carga muerta que llegan desde la superestructura.

### **2.10.2. CARGA MÓVIL.**

Las cargas móviles o sobrecargas vivas, son aquellas que originan los cuerpos que no permanecen en una misma posición o que no actúan permanentemente sobre una estructura y cuyas magnitudes pueden variar. Así, las cargas vivas pueden ser generadas por cuerpos en movimiento o por cuerpos que puedan ser desplazados. La consideración de las cargas vivas en los distintos reglamentos de diseño, por lo general se basan en estimaciones desfavorables, pero relativamente fáciles de cuantificar, debido a la naturaleza impredecible de las mismas, en cuanto a magnitud, posición y efectos dinámicos se refieren. Particularmente en el caso de puentes, las cargas vivas pueden ser originadas por vehículos de todo tipo, tamaño y peso, personas, animales, maquinaria, acumulaciones de agua, etc.

#### **Presencia de Múltiples Sobrecargas**

Los requisitos de este artículo no se aplicarán al estado límite de fatiga para el cual se utiliza un camión de diseño, independientemente del número de carriles de diseño. Si en lugar de emplear la ley de momentos y el método estático se utilizan los factores de distribución aproximados para carril único las solicitaciones se deberán dividir por 1,20

A menos que en este documento se especifique lo contrario, la solicitación extrema correspondiente a sobrecarga se deberá determinar considerando cada una de las posibles combinaciones de número de carriles cargados, multiplicando por un factor de presencia

múltiple correspondiente para tomar en cuenta la probabilidad de que los carriles estén ocupados simultáneamente por la totalidad de la sobrecarga de diseño HL93.

- Se deberán utilizar al investigar el efecto de un carril cargado,
- Se podrán utilizar al investigar el efecto de tres o más carriles cargados.

A los fines de determinar el número de carriles cuando la condición de carga incluye las cargas peatonales especificadas. Combinadas con uno o más carriles con la sobrecarga vehicular, las cargas peatonales se pueden considerar como un carril cargado. Los factores especificados en la Tabla 1 no se deben aplicar conjuntamente con los factores de distribución de carga aproximados especificados, excepto si se aplica la ley de momentos o si se utilizan requisitos especiales para vigas exteriores en puentes de vigas y losas,

### **Sobrecarga Vehicular de Diseño**

La sobrecarga vehicular sobre las calzadas de puentes o estructuras incidentales, designada como HL-93, deberá consistir en una combinación de:

Camión de diseño o tándem de diseño, y combinar con la misma tendría un período de recurrencia de un mes. Esto se puede aproximar razonablemente usando los factores de presencia múltiple, aun cuando estos factores originalmente fueron desarrollados para sobrecarga vehicular.

Por ejemplo, si un elemento soporta una acera y un carril de sobrecarga vehicular, el elemento se debería investigar para la sobrecarga vehicular solamente con  $m = 1,20$  y para las cargas peatonales combinadas con la sobrecarga vehicular con  $m = 1,0$ .

Si un elemento soporta una acera y dos carriles de sobrecarga vehicular, el elemento se debería investigar para las siguientes condiciones:

- Un carril de sobrecarga vehicular,  $m = 1,20$ ;

- El mayor valor entre los carriles más significativos de sobrecarga vehicular y las cargas peatonales o dos carriles de sobrecarga vehicular, aplicando  $m = 1,0$  al caso determinante; y
- Dos carriles de sobrecarga vehicular más las cargas peatonales,  $m = 0,85$ .

El factor de presencia múltiple  $m = 1,20$  para un único carril no se aplica a las cargas peatonales. Por lo tanto, el caso de las cargas peatonales sin la sobrecarga vehicular es un subconjunto del segundo ítem de la lista anterior. Los factores de presencia múltiple de la Tabla 1 fueron desarrollados en base a un ADTT de 5000 camiones en una dirección. En sitios con menor ADTT la sollicitación resultante de considerar el número adecuado de carriles se puede reducir de la siguiente manera:

- Si  $100 \leq \text{ADTT} \leq 1000$  se puede utilizar el 95 por ciento de la sollicitación especificada; y
- Si  $\text{ADTT} < 100$  se puede utilizar el 90 por ciento de la sollicitación especificada.

Este ajuste se basa en la reducida probabilidad de que se produzca el evento de diseño durante un período de diseño de 75 años si el volumen de camiones es reducido.

**Modificación por Número de Vías Cargadas:** Los efectos máximos de las vivas serán determinados considerando todas las posibles combinaciones de números de vías cargadas, multiplicando en cada caso las cargas por los factores indicados en la tabla

Siguiente

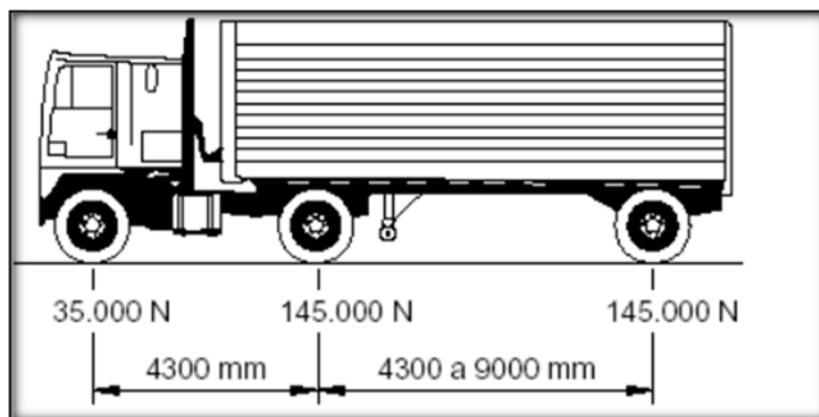
**TABLA 2.2**  
**FACTOR DE PRESENCIA MULTIPLE (m)**

NUMERO DE CARRILES CARGADOS	FACTOR DE PRESENCIA MULTIPLES (m)
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

**a) Camión Diseño.**

La AASHTO contempla dos tipos de camiones estándar denominados H y HS. El primero es un vehículo de dos ejes y el segundo es un semirremolque de tres ejes. A continuación se presenta un resumen de las principales características de cada uno de los camiones tipos especificados por AASHTO:

**GRAFICO N° 2.11**  
**CAMION DE DISEÑO**

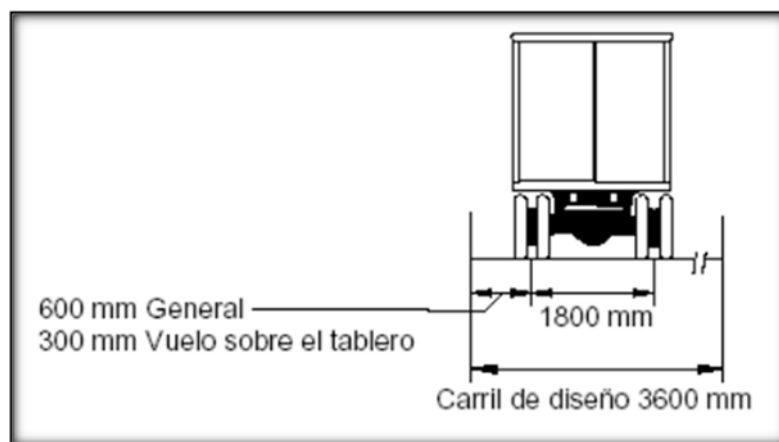


## b) Tándem de Diseño

El tándem de diseño consistirá en un par de ejes de 110.000 N con una separación de 1200 mm. La separación transversal de las ruedas se deberá tomar como 1800 mm. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica

GRAFICO N° 2.12

### TANDEM



## Carga del Carril de Diseño

La carga del carril de diseño consistirá en una carga de 9,3 N/mm, uniformemente distribuida en dirección longitudinal. Transversalmente la carga del carril de diseño se supondrá uniformemente distribuida en un ancho de 3000mm. Las solicitaciones debidas a la carga del carril de diseño no estarán sujetas a un incremento por carga dinámica.

## Área de Contacto de los Neumáticos

El área de contacto de los neumáticos de una rueda compuesta por uno o dos neumáticos se deberá considerar como un único rectángulo de 510 mm de ancho y 250 mm de longitud.

Se supondrá que la presión de los neumáticos se distribuye uniformemente sobre el área de contacto. Se supondrá que la presión de los neumáticos se distribuye de la siguiente manera:

- En superficies continuas, uniformemente sobre el área de contacto especificado, y Esta carga se aplica solamente al camión y tándem de diseño. Si se utilizan otros vehículos de diseño, el Ingeniero deberá determinar el área de contacto de los neumáticos. A modo de guía para otros camiones de diseño, el
- área de contacto de los neumáticos se puede calcular a partir de las siguientes dimensiones:
- Ancho del neumático =  $P / 142$
- Longitud del neumático =  $165 \gamma (1 + IM / 100)$

### **Efectos Dinámicos:**

Las cargas móviles corresponde al camión o al tándem de diseño se incrementaran en los porcentajes indicados en la tabla para tener en cuenta la amplificación dinámica o diseño de impacto.

Esta aproximación es similar a la regla de los 60° presentada en numerosos textos de mecánica de suelos. Las dimensiones del área de contacto de los neumáticos se determina en la superficie en base a un incremento por carga dinámica de 33 por ciento a una profundidad = 0.

Estas dimensiones se proyectan a través del suelo tal como se especifica. La intensidad de la presión en la superficie se basa en la carga de las ruedas sin incremento por carga dinámica. A la presión en el área proyectada se agrega un incremento por carga dinámica. El incremento por carga dinámica también varía en función de la profundidad.

Cuando corresponda se debe aplicar la carga del carril de diseño y también los factores de presencia múltiple

### **Incremento por Carga Dinámica: IM**

Los efectos estáticos del camión o tándem de diseño, a excepción de las fuerzas centrífugas y de frenado, se deberán mayorar aplicando los porcentajes indicados en la Tabla, incremento por carga dinámica.

El factor a aplicar a la carga estática se deberá tomar como:  $(1 + IM/100)$ .

El incremento por carga dinámica no se aplicará a las cargas peatonales ni a la carga del carril de diseño.

**TABLA N° 2.3**  
**INCREMENTO DE CARGA VIVA POR EFECTO DINAMICO**

Componente	Porcentaje
Elementos de unión en el tablero (para todos los estados límite)	75%
Para otros elementos	
• Estados límite de fatiga y fractura	15%
• Otros estados límite	33%

**TABLA N° 2.4**  
**PESOS ESPECIFICOS**

MATERIAL	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) (kgf/m <sup>3</sup> )	
Agua dulce	9,8	(1000)
Agua salada	10,0	(1020)
Acero	76,9	(7850)
Aluminio	27,4	(2800)
Arena, tierra o grava sueltas, arcilla	15,7	(1600)
Arena, tierra o grava compactas	18,9	(1900)
Asfalto, Macadam	22,0	(2200)
Concreto ligero	17,4	(1740)
Concreto normal	23,5	(2400)
Concreto Armado	25,0	(2500)
Hierro forjado	70,6	(7200)
Balasto	22,0	(2250)
Madera	10,0	(1020)
Mampostería de piedra	26,6	(2700)
Rieles y accesorios (por metro lineal de vía férrea)	3 kN/m	300kgf/m

### 2.10.3. CARGA SÍSMICA.

Las cargas sísmicas en una estructura se originan debido al movimiento altamente irregular que experimenta el terreno de fundación de la misma durante un acontecimiento sísmico. Este movimiento irregular produce, en virtud de las propiedades de la estructura, fuerzas de inercia, fuerzas restauradoras y fuerzas disipadoras de energía que generan un movimiento de tipo vibratorio en la misma. La respuesta de las estructuras a los sismos depende de varios factores: de las características del movimiento del terreno, de la rigidez y la masa de la estructura, de las condiciones del subsuelo y de la magnitud del amortiguamiento. Para el diseño sísmico de la mayoría de los tipos de estructuras comunes, se han desarrollado métodos sencillos de análisis. Sin embargo, algunos tipos de estructuras requieren de consideraciones específicas de análisis y diseño, tal es el caso de los puentes. Las experiencias de sismos pasados han demostrado que los puentes son vulnerables a los movimientos diferenciales, longitudinales, laterales y verticales en las subestructuras (pilas y estribos), mientras que los miembros de la cubierta, se ven apenas afectados por los esfuerzos sísmicos

### **Zonas Sísmicas**

Todo puente deberá ser asignado a una de las cuatro zonas sísmicas de acuerdo con la Tabla

En general, los puentes esenciales son aquellos que deberían, como mínimo, permanecer abiertos para el tránsito de vehículos de emergencia o para fines de seguridad y/o defensa inmediatamente después del sismo de diseño, es decir, del evento con período de recurrencia de 475 años. Sin embargo, algunos puentes deben permanecer abiertos para el tránsito de todos los vehículos luego del sismo de diseño y deben poder ser utilizados por los vehículos de emergencia o para fines de seguridad y/o defensa inmediatamente después de un sismo importante, por ejemplo un evento con período de recurrencia de 2500 años. Estos puentes se deberían considerar estructuras críticas. Estas zonas sísmicas reflejan cómo el riesgo sísmico varía a lo largo del país, y se utilizan para permitir diferentes requisitos para los métodos de

análisis, longitudes de apoyo mínimas, detalles del diseño de columnas, y procedimientos de diseño de fundaciones y estribos

**TABLA N° 2.5**  
**ZONA SISMICA**

<i>Coefficiente de Aceleración</i>	<i>Zona Sísmica</i>
$A \leq 0.09$	1
$0.09 < A \leq 0.19$	2
$0.19 < A \leq 0.29$	3
$0.29 < A$	4

### **Efectos del Sitio de Emplazamiento**

En la determinación de las cargas sísmicas para puentes se deberán incluir los efectos del sitio de emplazamiento.

El coeficiente de sitio, S, especificado en la Tabla, se deberá basar en los tipos de perfiles de suelo definidos

**TABLA N° 2.6**  
**CONDICIONES DEL SUELO**

<i>Coefficiente de sitio</i>	<i>Tipo de Perfil de Suelo</i>			
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
S	1.0	1.2	1.5	2.0

### **Perfil de Suelo Tipo I**

Un perfil se deberá considerar Tipo I se está compuesto por:

- Roca de cualquier tipo, ya sea de naturaleza esquistosa o cristalina, o
- Suelos rígidos donde la profundidad del suelo es menor que 60.000 mm, y los tipos de suelo que yacen sobre la roca son depósitos estables de arenas, gravas o arcillas rígidas

#### **Perfil de Suelo Tipo II**

- Un perfil compuesto por suelos cohesivos rígidos o suelos no cohesivos profundos donde la profundidad del suelo es mayor que 60.000 mm y los tipos de suelo que yacen sobre la roca son depósitos estables de arenas, gravas o arcillas rígidas se deberá considerar Tipo II

#### **Perfil de Suelo Tipo III**

- Un perfil compuesto por arcillas blandas o de rigidez media y arenas, caracterizado por 9000 mm o más de arcillas blandas o de rigidez media con o sin capas intercaladas de arena u otros suelos no cohesivos se deberá considerar Tipo III.

#### **Perfil de Suelo Tipo IV**

- Un perfil compuesto por arcillas blandas o limos de más de 12.000 mm de profundidad se deberá considerar Tipo IV

#### **Coeficiente de Respuesta Sísmica Elástica**

A menos que el Artículo 3.10.6.2 especifique lo contrario, el coeficiente de respuesta sísmica elástica,  $C_{sm}$  para el modo de vibración  $m$  se deberá tomar como:

$$C_{sm} = \frac{1.2AS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5A \quad (2.1)$$

Dónde:

$T_m$  = período de vibración del modo  $m$  (s)

$A$  = coeficiente de aceleración especificado TABLA N° 2.5

$S$  = coeficiente de sitio especificado TABLA N° 2.6

La determinación del período de vibración,  $T_m$  se debería basar en la masa nominal, no mayor, del componente o estructura

### **FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGAS**

La sollicitación mayorada total se tomará como:

$$Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i$$

Dónde:

$\eta_i$  = modificador de las cargas especificado

$Q_i$  = sollicitaciones de las cargas aquí especificadas

$\gamma_i$  = factores de carga especificados

Los componentes y conexiones de un puente deberán satisfacer la Ecuación para las combinaciones

Aplicables de sollicitaciones extremas mayoradas según se especifica para cada uno de los siguientes estados límites:

- RESISTENCIA I – Combinación de cargas básica que representa el uso vehicular normal del puente, sin viento.
- RESISTENCIA II – Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos de diseño especiales especificados por el Propietario, vehículos de circulación restringida, o ambos, sin viento
- RESISTENCIA III – Combinación de cargas que representa el puente expuesto a vientos de velocidades superiores a 90 km/h.
- RESISTENCIA IV – Combinación de cargas que representa relaciones muy elevadas entre las solicitaciones provocadas por las cargas permanentes y las provocadas por las sobrecargas.
- RESISTENCIA V – Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos normales con una velocidad del viento de 90 km/h.
- EVENTO EXTREMO I – Combinación de cargas que incluye sismos.
- EVENTO EXTREMO II – Combinación de cargas que incluye carga de hielo, colisión de embarcaciones y vehículos, y ciertos eventos hidráulicos con una sobrecarga reducida diferente a la que forma parte de la carga de colisión de vehículos, CT
- SERVICIO I – Combinación de cargas que representa la operación normal del puente con un viento de 90 km/h, tomando todas las cargas a sus valores nominales. También se relaciona con el control de las deflexiones de las estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles y tuberías termoplásticas y con el control del ancho de figuración de las estructuras de hormigón armado. Esta combinación de cargas también se debería utilizar para investigar la estabilidad de taludes.
- SERVICIO II – Combinación de cargas cuya intención es controlar la fluencia de las estructuras de acero y el resbalamiento que provoca la sobrecarga vehicular en las conexiones de resbalamiento crítico.

- SERVICIO III – Combinación de cargas relacionada exclusivamente con la tracción en superestructuras de hormigón pretensado, cuyo objetivo es controlar la figuración
- SERVICIO IV – Combinación de cargas relacionada exclusivamente con la tracción en subestructuras de hormigón pretensado, cuyo objetivo es controlar la figuración.
- FATIGA – Combinación de cargas de fatiga y fractura que se relacionan con la sobrecarga gravitatoria vehicular repetitiva y las respuestas dinámicas bajo un único camión de diseño con la separación entre ejes especificada

En las combinaciones de cargas en las cuales una sollicitación reduce otra sollicitación, a la carga que reduce la sollicitación se le deberá aplicar el valor mínimo. Para las sollicitaciones debidas a cargas permanentes, de la Tabla 2 se deberá seleccionar el factor de carga que produzca la combinación más crítica. Si la carga permanente aumenta la estabilidad o la capacidad de carga de un componente o puente, también se deberá investigar el valor mínimo del factor de carga para dicha carga permanente. El mayor de los dos valores especificados para los factores de carga a aplicar a TU, CR y SH se deberá utilizar para las deformaciones, y el menor valor se deberá utilizar para todas las demás sollicitaciones. La evaluación de la estabilidad global de los rellenos retenidos, así como de los taludes de tierra con o sin unidad de fundación poco o muy profunda, se debería hacer utilizando la Combinación de Cargas correspondiente al Estado Límite de Servicio I y un factor de resistencia adecuado.

El factor de sobrecarga para las sobrecargas vehiculares LL e IM se deberá tomar igual a 2,0.

### **Cargas Transitorias.**

Se ha observado que es más probable que las caras permanentes sean mayores que el valor nominal, y no que sean menores que dicho valor.

En la aplicación de cargas permanentes, las sollicitaciones provocadas por cada uno de los seis tipos de cargas especificados se deberían calcular de forma independiente. No es necesario

asumir que un tipo de carga varía según el tramo, longitud o componente del puente. Por ejemplo, al investigar el levantamiento del apoyo de una viga continua, no sería correcto utilizar el máximo factor de carga para las cargas permanentes que actúan en los tramos que producen una reacción negativa y el mínimo factor de carga en los tramos que producen reacción positiva. Consideremos la investigación del levantamiento.

El levantamiento, que en ediciones anteriores de las Especificaciones Estándares de AASHTO era tratado como un caso de carga independiente, ahora se transforma en una combinación de cargas para un estado límite de resistencia. Si una carga permanente produce levantamiento, dicha carga se tendría que multiplicar por el máximo factor de carga, independientemente del tramo en el cual esté ubicada. Si otra carga permanente reduce el levantamiento, se tendría que multiplicar por el mínimo factor de carga, independientemente del tramo en que esté ubicada. Por ejemplo, para el Estado Límite de Resistencia I si la reacción a la carga permanente es positiva y la sobrecarga puede producir una reacción negativa, la combinación de cargas sería:

$0,9DC + 0,65 DW + 1,75 (LL + IM)$ . Si ambas reacciones fueran negativas la combinación sería  $1,25 DC + 1,50DW + 1,75 (LL + IM)$ .

Para cada sollicitación puede ser necesario investigar ambas combinaciones extremas aplicando el factor de carga mayor o el factor de carga menor, según corresponda. Las sumatorias algebraicas de estos productos son las sollicitaciones totales para las cuales se deberían diseñar el puente y sus componentes.

Aplicando estos criterios para evaluar la resistencia al resbalamiento de muros:

- La carga correspondiente al empuje vertical del suelo en el respaldo de un muro de sostenimiento en voladizo se debería multiplicar por  $\gamma_{pmin}$  (1,00) y el peso de la estructura se debería multiplicar por  $\gamma_{pmin}$  (0,90) ya que estas fuerzas provocan un

aumento de la presión de contacto (y de la resistencia al corte) en la base del muro y la fundación.

- La carga correspondiente al empuje horizontal del suelo en un muro de sostenimiento en voladizo se debería multiplicar por  $\gamma$  y  $p_{max}(1,50)$  para una distribución del empuje activo del suelo, ya que la fuerza provoca una fuerza de resbalamiento más crítica en la base del muro.

**TABLA N° 2.7**  
**COMBINACIONES Y FACTORES DE CARGAS**

Combinación de Cargas	DC DD DW EH EV ES	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Usar solamente uno de los indicados en estas columnas en cada combinación				
										EQ	IC	CT	CV	
Estado Límite														
RESISTENCIA I	$\gamma_p$	1.75	1.00			1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$					
RESISTENCIA II	$\gamma_p$	1.35	1.00			1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$					
RESISTENCIA III	$\gamma_p$		1.00	1.40		1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$					
RESISTENCIA IV Solamente EH, EV, ES, DW, DC	$\gamma_p$ 1.5		1.00			1.00	0.50/1.20							
RESISTENCIA V	$\gamma_p$	1.35	1.00	0.40	0.40	1.00	0.50/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$					
EVENTO EXTREMO I	$\gamma_p$	$\gamma_{EQ}$	1.00			1.00				1.00				
EVENTO EXTREMO II	$\gamma_p$	0.50	1.00			1.00					1.00	1.00	1.00	
SERVICIO I	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$					
SERVICIO II	1.00	1.30	1.00			1.00	1.00/1.20							
SERVICIO III	1.00	0.80	1.00			1.00	1.00/1.20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{SE}$					
FATIGA - Solamente LL,IM y CE		0.75												

**TABLA N° 2.8**  
**FACTORES DE CARGAS PARA CARGAS PERMANENTES**

TIPO DE CARGA	FACTOR DE CARGA	
	Máximo	Mínimo
DC : Componentes y Auxiliares	1.25	0.90
DD : Fuerza de arrastre hacia abajo	1.80	0.45
DW : Superficies de Rodadura y Accesorios	1.50	0.65
EH : Presión horizontal de tierra		
* Activa	1.50	0.90
* En reposo.	1.35	0.90
EV : Presión vertical de tierra		
* Estabilidad global	1.35	N/A
* Estructuras de Retención	1.35	1.00
* Estructuras Rígidas Empotradas	1.30	0.90
* Pórticos Rígidos	1.35	0.90
* Estructuras Flexibles empotradas excepto alcantarillas metálicas	1.95	0.90
* Alcantarillas Metálicas	1.50	0.90
ES : Carga superficial en el terreno	1.50	0.75

## 2.11. EMPUJE DEL SUELO

El empuje del suelo se deberá considerar función de los siguientes factores:

- Tipo y densidad del suelo,
- Contenido de agua,
- Características de fluencia lenta del suelo,
- Grado de compactación,
- Ubicación del nivel freático,
- Interacción suelo-estructura,
- Cantidad de sobrecarga,
- Efectos sísmicos,
- Pendiente del relleno, e Inclinación del muro.

Los muros que pueden tolerar muy poco o ningún movimiento se deberían diseñar para el empuje en reposo.

Los muros que se pueden mover alejándose de la masa de suelo se deberían diseñar para empujes intermedios entre la condición activa y en reposo, dependiendo de la magnitud de los

movimientos admisibles. El movimiento requerido para llegar al mínimo empuje activo o al máximo empuje pasivo depende de la altura del muro y del tipo de suelo. En la Tabla se indican algunos valores típicos de estos movimientos movilizados en función de la altura del muro, donde:

$\Delta$  = movimiento de la parte superior del muro requerido para llegar al mínimo empuje activo o al máximo empuje pasivo por rotación o traslación lateral (mm)

H = altura del muro (mm)

**TABLA N° 2.9**  
**VALORES APROXIMADOS DE LOS MOVIMIENTOS RELATIVOS PARA LLEGAR A**  
**CONDICIONES DE EMPUJE ACTIVO O PASIVO DEL SUELO**

TIPO DE RELLENO	VALORES DE $\Delta/H$	
	ACTIVO	PASIVO
ARENA DENSA	0.001	0.01
ARENA DE DENSIDAD MEDIA	0.002	0.02
ARENA SUELTA	0.004	0.04
LIMO COMPACTADO	0.002	0.02
ARCILLAQ MAGRA COMPACTADA	0.010	0.05

## **CAPITULO III**

### **3. IMPACTO AMBIENTAL**

#### **3.1. INTRODUCCION**

El Proyecto de tesis análisis y diseño estructural Puente tipo arco de 40m de luz el materia del estudio y evaluación, modificará temporalmente la calidad ambiental en dos etapas bien marcadas, la primera durante el proceso de Construcción, que genera malestar e influencia negativa con relación a los usuarios, y al término donde predominan los aspectos positivos.

El presente informe trata de identificar todos los aspectos negativos y positivos durante la fase de conservación y puesta en servicio, a fin de realizar un adecuado manejo y gestión del entorno ambiental, para la cual se elevará el presente informe a fin de cumplir los objetivos de protección ambiental.

#### **3.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

##### **3.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Vista la problemática, el objetivo que plantea el proyecto es: “Garantizar la transitabilidad de los vehículos de transporte de carga y pasajeros”

##### **3.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

###### **Medios Fundamentales:**

Los medios necesarios para alcanzar el objetivo son:

- ❖ Desactivación de badenes rústicos.
- ❖ Construcción de puente vehicular adecuado.
- ❖ Construcción de accesos adecuados para cruce de río.

- ❖ Interés de las autoridades locales y regionales.
- ❖ Adecuados y oportunos recursos económicos.

#### **Medios de Primer Nivel:**

- ❖ Accesibilidad todo el año (permanente) a los poblados del distrito de Charcana.

#### **Fines Directos:**

- ❖ Existencia de flujo vehicular a menor costo.
- ❖ Puntualidad de llegada de los pasajeros.
- ❖ Mayor nivel de educación y salud.
- ❖ Aumenta la integración comercial.

Todos estos Fines con llevan a un Fin Ultimo expresado como: “Mejorar el nivel de vida de la población del distrito de Charcana”.

### **3.3. METODOS DE ANALISIS**

#### **3.3.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES,**

##### **A. Se generarán los siguientes Impactos Positivos.**

- Incremento de la calidad de vida, la ejecución de esta obra permitirá el desarrollo socioeconómico de los pueblos aledaños y facilitará el tráfico seguro fluido.
- Facilidad en el acceso al transporte en mejores condiciones de traslado para dirigirse a realizar las diferentes actividades.
- Incremento de las áreas agrícolas-ganaderas.
- La señalización permitirá cumplir adecuadamente las reglas de tránsito.

- La Construcción de alcantarillas, permitirán orientar las aguas de lluvia en forma longitudinal y transversal, sin que estas se estanquen y produzcan el deterioro de las vías de acceso al puente.

**B. Los Impactos Negativos estarán dados por:**

- Riesgos de accidentes por exceso de velocidad de conductores de vehículos
- Incremento de ruidos, efecto temporal por operaciones de maquinaria pesada.
- En el medio biológico está determinado por la zona de valle interandino, con clima frígido y húmedo.

**Flora**

La flora silvestre o nativa de esta zona de vida está conformada por especies como sauces, siembras de papa, haba, maíz cebolla, alfalfa.

**Fauna**

La fauna igualmente de gran variedad, presenta entre las más comunes a especies tales como camélidos, ganado vacuno, ovinos, caballo, acémilas, gallinas, conejos y otros.

**3.3.2. PREVENCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

- Para evitar los efectos de las fuertes avenidas, se ha considerado la construcción de un puente de 40m de luz con sus respectivos aleros y encauzamiento y protección de estribos.
- Para evitar el efecto de lluvias intensas, se ha considerado construcción de cunetas de tierra en accesos.
- La estabilización de taludes: Debido a la ejecución de cortes bajos y la escasa presencia de lluvias, es que se garantiza la estabilidad de taludes.

### **3.3.3. INTERPRETACION DEL IMPACTO AMBIENTAL**

Teniendo en cuenta que el impacto inicial se ha dado, el presente proyecto, tiene un impacto positivo en el medio ambiente, a partir de la puesta en servicio de la obra, sin embargo los aspectos negativos que podrán presentarse, básicamente referidos a los accidentes y al no atropellamiento de la fauna, puede ser menguado con una buena señalización como medida positiva y una permanente educación a los pobladores a través de los medios masivos de comunicación social de las autoridades locales y organismos populares; así como, a los conductores como medida activa.

Los principales Impactos Ambientales positivos, derivados de la construcción del puente y sus accesos están dirigidos a mejorar los aspectos socioeconómicos de los pobladores de las zonas aledañas.

Durante el proceso constructivo, se presentarán una serie de impactos negativos, los cuales deberán ser disminuidos adaptando las medidas indicadas en el presente informe u otras que el constructor considere convenientes adoptar conforme se presente, las mismas que deben ser registradas en los cuadernos de obra y puestos en conocimiento de la Supervisión, será conveniente que en los informes mensuales de obra, así como informe final, se considere un párrafo referido a identificar nuevos impactos positivos o negativos y las acciones correspondientes.

### **3.4. PLAN DE MONITOREO**

- Ante el riesgo de accidentes, las medidas serán dirigidas en el sentido de implementar una buena señalización durante la ejecución de la obra, relacionada a restringir la velocidad vehicular en zonas de trabajos.
- Señalización para evitar el atropellamiento de la fauna.

- Los ruidos provocados por las maquinarias que trabajan en la obra, deberán ser controlados, verificando que las maquinarias estén implementadas con el sistema de silenciadores
- Con respecto al movimiento de tierras, se deberá efectuar riegos constantes, a fin de atenuar al mínimo el levantamiento de polvo que pudiera afectar el entorno donde se efectúa la obra, cuando se emplee explosivos, utilizar elementos de seguridad tomando en cuenta el ángulo de buzamiento correspondiente.
- Con respecto a la utilización de canteras, deberá implementarse un programa de restauración de las mismas, en caso de que posteriormente ya no sea utilizada para fines similares, siempre y cuando sea responsabilidad exclusiva del usuario.
- Los botaderos para la obra en mención, deben tener la conformación adecuada y cuando se colmaten su forestación

## **CAPITULO IV**

### **4. ESTUDIO HIDROLOGICO**

#### **4.1. INTRODUCCION**

El régimen hidrológico es una función compleja de muchos factores entre los que predomina el clima y la configuración del territorio en el cual se desarrolla el fenómeno. La forma de la superficie terrestre y en particular su situación en altitud tienen influencia sobre los más importantes factores condicionales de régimen hidrológico, como precipitación, escorrentía, infiltración y formación de aluviones y sedimentos. Los índices morfométricos son fundamentales para documentar la analogía territorial y establecer relaciones hidrológicas de generalización territorial.

Los índices morfométricos expresan en términos de simples valores medios, las características de paisajes complejos.

Para definir correctamente un proyecto de ingeniería que no colapse ante la entrada abrupta de los ríos, se requiere ante todo, completar el cuadro del ambiente en que actúa, especificando la potencialidad de las fuentes de abastecimiento hídrico.

#### **4.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA**

##### **4.2.1. OBJETIVOS**

El estudio hidrológico tiene como principal objetivo conocer el rendimiento hídrico del río Cachimayo en el punto de ubicación del Puente proyectado, determinando los caudales al 90% de persistencia y los caudales máximos para un periodo de retorno definido.

Se debe mencionar que en la sub cuenca del río Cachimayo que pertenece a la cuenca del río Cotahuasi se cuenta con tres estaciones meteorológicas, además se han utilizado dos

estaciones de la cuenca del río Arma las cuales se encuentran muy cerca de la cuenca del Cachimayo y Cotahuasi.

#### **4.2.2. METODOLOGÍA**

El estudio hidrológico del río Cachimayo, tal como será desarrollado en el presente proyecto, comprende en forma secuencial las siguientes actividades:

Recopilación de estudios anteriores realizados en la cuenca y cuencas aledañas, y de información cartográfica e hidrometeorológica.

Delimitación geográfica de la cuenca y determinación de las características morfológicas más importantes.

Tratamiento de la información hidrometeorológica

Determinación de la precipitación media anual en la cuenca (periodo 1976-2012), con la información homogenizada y completa.

Generación de caudales medios mensuales en la zona de ubicación de la bocatoma, mediante la aplicación de un modelo de generación de caudales.

Determinación de un caudal medio, al 75%, 80% y 90% y determinación de caudales de máxima avenida.

#### **4.2.3. FASE PRELIMINAR**

Que comprende la recopilación y actualización de la información hidrometeorológica existente; cartografía y la información de campo, de tal forma de obtener la información con cierto grado de confiabilidad, completa y extendida a un período uniforme.

##### **4.2.3.1. CARTOGRAFIA**

La información cartográfica utilizada ha consistido en cartas del Instituto Geográfico Militar a escala de 1:100 000, las cuales cubren el área de la cuenca y zonas vecinas, y está constituida por las siguientes:

- Chuquibamba 32-q
- Cayarani 30-r
- Orcopampa 31-r
- Caraveli 32-p
- Cotahuasi 31-q
- Pausa 31-p
- Pacapausa 30-p
- Chulca 30-q
- Ocoña 33-p
- La Yesera 33-q

Dichas cartas fueron ampliadas a 1:25 000 y 1:5 000, y fueron reducidas a

1: 200 00. Hidrometeorología

La red de estaciones meteorológicas empleadas se muestra en el siguiente cuadro.

**TABLA N° 4.1**  
**ESTACIONES METEOROLÓGICAS EMPLEADAS**

ESTACION	UBICACION	GEOGRAFICA	ALTITUD m.s.n.m.	CUENCA	PERIODO DE REGISTRO
	Lat. Sur	Long. Oeste			
Cotahuasi	15°13'	72°53'	2683	Río Cotahuasi	1976-2008
Tomepampa	15°11'	72°50'	2650	Río Cotahuasi	1976-2008
Puica	15°04'	72°40'	3700	Río Cotahuasi	1976-2008
Salamanca	15°31'	72°50'	3203	Río Arma	1976-2008
Chichas	15°33'	72°55'	2320	Río Arma	1976-2008

#### **4.2.3.2. CONSISTENCIA DE LA INFORMACION.**

El procedimiento seguido para identificar errores y luego corregirlos, consistió en reunir información de diversas fuentes acerca del funcionamiento de una estación. Esta evaluación cruzada permitió reunir las evidencias suficientes como para asociar a la masa de datos producidos, un error razonable, y por tanto dirigir esfuerzos de tal forma de desechar, corregir o aceptar un registro determinado.

El análisis de consistencia propiamente dicho consistió en el examen de la serie de tiempo con el fin de identificar y cuantificar saltos a los parámetros estadísticos principales de la serie, media y desviación estándar. El procedimiento consistió en tres fases:

➤ **Análisis Gráfico.**

En el cual se identificó a simple vista algún cambio significativo en la variable analizada, a través del tiempo. Igualmente se observó el comportamiento del conjunto de estaciones de la zona, los que debían corresponder a cierta homogeneidad de la variable en el territorio que cubre.

➤ **Análisis de Doble Masa.**

Que se basa en el hecho de que estaciones de una zona homogénea con respecto a la variable que se analiza, deben de registrar un régimen similar. El método consiste en graficar en ejes cartesianos dos acumulaciones: en un eje se colocan los valores acumulados de la estación que analizamos, mientras que en otro eje colocamos los valores acumulados promedio de varias estaciones, los que se considera como una estación "modelo". Se supone que todos los cambios en las estaciones se promediarán y tenderán a amortiguarse en la estación modelo, mientras que se destacarán en la estación individual analizada, mostrando mediante quiebres en la recta determinada por las dos

acumulaciones. Estos Cambios de pendiente son una evidencia más de la no homogeneidad de algún periodo dudoso detectado en el análisis gráfico.

Análisis Estadístico.

Es un proceso de inferencia para la media y la desviación estándar de los diferentes períodos de información.

#### **4.2.3.3. COMPLEMENTACION Y EXTENSION DE DATOS.**

En este análisis se entiende por complementación al relleno de un dato faltante que no ha sido registrado por causas diferentes, el cual en muchos casos es reemplazado con el valor promedio muestra, no siendo recomendable.

La extensión se refiere a la adición de nuevos datos más allá del final del registro histórico o antes del primer dato original.

Para el estudio efectuado se utilizó el método de correlación, el cual consiste en realizar el análisis de regresión entre los valores observados de la estación con datos completos y aquellos de la estación con datos faltantes.

La complementación y extensión de la información de precipitación se realizó a nivel mensual para tener un período común de 33 años (1976-2008).

La estación cuya información se completo fue la de Puica, y la que se extendió de Tomepampa. Luego se aplicó el diagrama de Doble Masa y se corrigieron periodos.

#### **4.2.4. FASE APLICATIVA**

##### **A) PRECIPITACION**

Uno de los elementos determinantes en la caracterización del clima y del escurrimiento de una cuenca es la Precipitación, más aun cuando no se tiene registros de descargas en el punto de interés.

El estudio de este elemento meteorológico ha sido realizado mediante la información pluviométrica disponible y complementada con las observaciones ecológicas de campo, a través de los cuales se ha podido estimar los probables índices de precipitación pluvial para las áreas que no cuentan con información.

Se ha considerado la información pluviométrica de tres estaciones ubicadas cercanamente a la zona media alta de interés del proyecto Cotahuasi, Tomepampa y Puica, y de dos estaciones de la cuenca del río Arma Salamanca y Chichas. (Valores de Precipitación Total Mensual

#### Regímenes Pluviométricos

Las estaciones consideradas, ubicadas en sectores netamente andinos, presentan un régimen pluvial netamente de verano donde podemos apreciar la variación de la precipitación total mensual promedio para el período de registro considerado (1976 - 2008), observándose un régimen estacional variado, las lluvias tienen su inicio en los meses primaverales y van cobrando mayor intensidad conforme avanza o transcurre el verano; así se da una concentración mayor en los meses de Diciembre a Marzo, alcanzando su máxima intensidad para luego decrecer casi bruscamente durante el mes de Abril, en el que se inicia el periodo de estiaje caracterizado por la ocurrencia de precipitaciones esporádicas y de muy baja intensidad que tipifican los meses más fríos de Junio a Agosto.

En lo que respecta a la Precipitación Total Anual, en el período 1976-2008, se observa una alternancia de años abundantes con años de escasez a veces extrema; siendo indicativo de que en el área es de esperarse una variación anual marcada y que no está sujeta a periodicidad.

## **B) ANALISIS DE DESCARGA**

No se cuenta con estación hidrométrica en el Río Cachimayo, por lo tanto para calcular las descargas, estas se harán en función a las precipitaciones registradas en las estaciones antes mencionadas.

### **4.3. ESTUDIO HIDROGRÁFICO Y MORFOLÓGICO DE LA SUB CUENCA DEL RÍO CACHIMAYO.**

#### **4.3.1. DESCRIPCIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA HASTA LA ZONA DEL PUENTE**

El estudio se enmarca en la necesidad de proporcionar la información hidrológica requerida para establecer la potencialidad del recurso hídrico, que discurre en la zona del puente proyectado.

El ámbito de estudio comprende la sub cuenca del cuenca del río Cachimayo, la mayoría de este recurso hídrico es proveniente de riachuelos, manantiales y filtraciones, el estado actual del potencial hídrico en el valle es muy parcial, concentrándose la poca información existente en puntos de interés para proyectos hidráulicos de gran envergadura; así mismo, el periodo de registros de las estaciones hidrométricas es incompleto.

Para el presente estudio se ha recopilado toda la información hidrométrica existente de los ríos del valle y los estudios hidrológicos de la zona y áreas semejantes que han servido como referencia.

El área de estudio se encuentra en la vertiente occidental de los Andes o vertiente del Pacífico. Los tributarios principales del río Cachimayo nacen en la divisoria continental de las aguas, es decir el la división de la Vertiente del Pacífico y la Vertiente del Atlántico, y se desplazan en dirección Nor-Este - Sur-Este predominantemente, presentando pendientes pronunciadas en la zona alta y relativamente reducidas en la zona baja, la forma de la cuenca es de una forma más o menos alargada, más ancha en su parte elevada y estrecha en su confluencia con el río Marán con el Cotahuasi el que forma el río

Ocoña. En las partes altas a partir de los 3500 m.s.n.m., se observa en las laderas o fondo de las quebradas el afloramiento de manantiales y filtraciones que emergen de los deshielos de los nevados, lagunas y bofedales de orígenes glaciares o recargados en época lluviosa.

El régimen de los ríos es irregular y torrencioso con marcadas diferencias entre sus descargas extremas, siendo alimentado durante el verano austral por la precipitación pluvial, periodo en el que se encuentra el 75% de las descargas, en el resto del año, por el deshielo de los glaciares y/o de la descarga de acuíferos de agua subterráneas.

- El área que cubre la cuenca hidrográfica del río Cotahuasi tiene una extensión de 4 510 km<sup>2</sup> y el área de la Sub Cuenca del Río Cachimayo es de 943.50 Km<sup>2</sup>. Caracterizada por una morfología de montañas escabrosas y valles profundos.
- La red hidrográfica que recorre la cuenca está definida con una densidad de drenaje de 0.66 Km / Km<sup>2</sup> bajo un modelo dendrítico, la dirección general del principal dren colector río Cotahuasi es de EN a SW. Todos los tributarios del Cotahuasi tienen sus nacientes en las cadenas montañosas.

#### **4.3.2. PARAMETROS MORFOLOGICOS DE LA FORMA DE LA CUENCA**

##### **4.3.2.1. DELIMITACION**

La delimitación de la cuenca se ha efectuado sobre el plano a curvas de nivel (Cartas del Instituto Geográfico Nacional en escala 1: 100000), siguiendo las líneas divisorias de agua o líneas de altas cumbres.

Para realizar la delimitación de la cuenca se han tenido tres criterios principales:

Determinar la línea de máxima pendiente que es una línea que cruza perpendicularmente a una curva de nivel y es la de menor distancia.

Unir los puntos más altos en las zonas donde se presentan las divisiones de las aguas y los mismos con líneas de líneas de máxima pendiente.

La zona donde hay duda chequear si el agua va a discurrir para una u otra cuenca.

- El área de la sub cuenca del río Cachimayo hasta la zona de ubicación del puente proyectado es de 943.50 Km<sup>2</sup>.
- El perímetro de la sub cuenca del río Cachimayo hasta la zona del puente proyectado es de 159.36 Km.

#### **4.3.2.2. NUMERO DE ORDEN DE CAUCES**

Horton sugirió la clasificación de los cauces de acuerdo al número de orden de un río como una medida de ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica.

Cauces de orden 1: son aquellos que no tienen tributarios siendo ellos mismos el origen del sistema de drenaje. Cauces de orden superior a 1: Se integran por la unión de dos cauces de un mismo orden, así tenemos:

$$1+1 = 2$$

$$2+2 = 3$$

$$3+3 = 4, \text{ ETC.}$$

De dos cauces de diferente orden, continua prevaleciendo el de orden superior, así:

$$1+2 = 2$$

$$2+3 = 3$$

$$2+4 = 4, \text{ ETC.}$$

Para la sub cuenca del río Cachimayo, se muestra en el siguiente cuadro el grado de ramificación:

El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal. Asimismo es muy sensible a la escala del plano empleado, para nuestro caso se utilizó la escala 1:200 000, de donde se dedujo que el cauce principal de nuestra cuenca es de décimo orden.

#### **4.3.2.3. RELACION DE BIFURCACION**

Es la relación entre el número de ríos de cualquier orden y el número de cauces en el siguiente orden:

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1} \quad F(4.1)$$

**Dónde:**

Rb = Relación de bifurcación.

Nu = Número de cauces de orden "u"

Un+1 = Número de cauces superior.

La relación de bifurcación para el caso de nuestra cuenca se muestra también en el cuadro

**TABLA N° 4.2**  
**GRADO DE RAMIFICACION**

<b>ORDEN</b>	<b>N° DE CAUCES</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>RELACION DEBIFURCACION F(4.1)</b>
1	366	1281	1.89
2	194	859	2.06
3	94	545	1.81
4	52	183	3.25

#### **4.3.2.4. INFORMACION DEL AREA DE ELEVACION**

Los siguientes parámetros nos indican cómo se distribuye la cuenca desde el punto de vista topográfico.

##### **Distribución Altitudinal.**

Es útil saber cómo está distribuida la cuenca en función de la elevación, puesto que algunos factores dependen de la altura de la misma. Una curva de área - elevación o curva

hipsométrica da referencia del relieve de la cuenca y su madurez, así como la distribución de áreas acumuladas por encima y debajo de una cota dada.

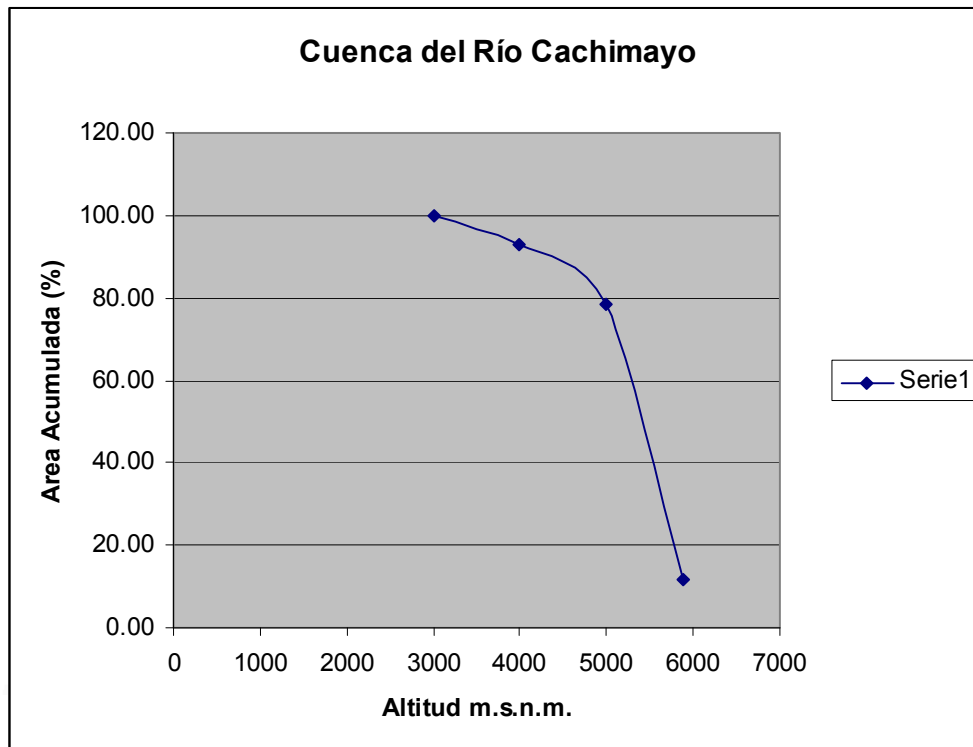
### **Altitud Media de la Cuenca**

Representa el valor por el cual la cuenca se reparte en áreas iguales al 50%, se obtiene de la curva hipsométrica, para el caso de la cuenca del Río Cachimayo, este valor es de 2220 m.s.n.m Hipsométrica de la Cuenca del Río Cachimayo

**TABLA N° 4.3**

<b>Altitud (m.s.n.m.)</b>	<b>Área Cota(KM2)</b>	<b>%</b>	<b>Acumula Encima (%)</b>	<b>Acumula. Debajo (%)</b>
5000-5888	108.50	11.50	100.00	11.50
4000-5000	632.00	66.98	88.50	78.48
3000-4000	135.00	14.31	21.52	92.79
2220-3000	68.00	7.21	7.21	100
<b>Total</b>	<b>943.5</b>	<b>100.00</b>		

**DIAGRAMA N° 2.1 HIPSOMETRICA**



➤ **Altitud más frecuente**

Altitud más frecuente es el escalón que alberga el mayor porcentaje de área. En los cuadros anteriores podemos observar que para la cuenca del Río Cachimayo la mayor cantidad de área (66.98%) se localiza entre las cotas 4000 y 5000 m.s.n.m.

**4.3.2.5. DENSIDAD DE DRENAJE**

La longitud de los cauces dentro de una cuenca, dividido por el área total de drenaje, define la densidad de drenaje. Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada, que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación, una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada, con respuesta hidrológica muy lenta.

Está determinada por la relación:

$$Dd = \frac{Li}{A} \quad F(4.2)$$

Dónde:

Dd = Densidad de Drenaje.

A = Área de la Cuenca.

Li = Longitud total de cursos de agua

Densidad de Drenaje de la Cuenca hasta el punto de Puente proyectado se determina con la formula F (4.2)

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

$$Dd = \frac{630.50 \text{ km}}{943.5 \text{ km}^2}$$

$$Dd = 0.67 \text{ km/km}^2$$

#### 4.3.2.6. DENSIDAD DE CORRIENTE

Es la relación entre el número total de ríos y el área de la cuenca. Este valor refleja la rapidez con que se presenta el escurrimiento de los cauces de la cuenca, como resultado de la precipitación, un valor bajo refleja un escurrimiento lento debido a la precipitación y un valor alto indica que en la cuenca se produce un escurrimiento alto o rápido.

La frecuencia de río se expresa por la ecuación:

$$Fr = \frac{Nt}{A} \quad F(4.3)$$

Dónde:

Fr = Frecuencia de los ríos.

Nt = Número total de ríos.

A = Área de la cuenca.

Frecuencia de los ríos de la cuenca del Río Cachimayo:

Utilizando formula F (4.3)

$$Fr = \frac{Nt}{A}$$

$$Fr = \frac{180}{943.5}$$

$$Fr = 0.19 \text{ rios/km}^2$$

#### 4.3.2.7. DESNIVEL DE LA CUENCA

Es la diferencia que hay entre la cota de sección transversal del cauce en el punto de captación - bocatoma y el punto de mayor altitud.

Cota de Captación = 2000 m.s.n.m.

Cota de punto de mayor altitud = 5888 m.s.n.m.

El desnivel de la cuenca sería de  $5888 - 2220 = 3668\text{m}$ .

#### 4.3.2.8. PENDIENTE DE LA CUENCA

Siendo la pendiente de una cuenca bastante irregular, se hace necesario determinar una pendiente representativa, toda vez que este parámetro influye también en la forma de los hidrogramas. Para su cálculo existen varios métodos; pero el que da mejores resultados es el método de Nash, que consiste en trazar una red con uno de los ejes aproximadamente paralelo al cauce principal. Debe lograrse una cien intersecciones dentro de los límites de la cuenca. A mayor cantidad de intersecciones, mas aproximación. A través de cada punto se traza una línea recta entre dos curvas de nivel. La pendiente característica será la que resulte de calcular la sumatoria de dichas pendientes, divididas entre el número total de intersecciones, menos las intersecciones que tengan pendiente cero.

La ventaja de este método está en que el análisis de la pendiente se hace en cada punto de intersección, por lo que el margen de error va disminuyendo en la misma dimensión.

En las cartas nacionales a escala 1:100000, el desnivel entre cada curva es de 50 metros. Para calcular algunos parámetros, como es el caso de esta pendiente del terreno, sería muy tedioso trabajar con este desnivel, por lo que se calcula un desnivel en función a las cotas extremas de la cuenca. Este desnivel será:

$$De = \frac{\text{cota max} - \text{cota min}}{6}$$

$$De = \frac{5888 - 2220}{6}$$

$$De = 611 \text{ m}$$

#### 4.3.2.9. PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL

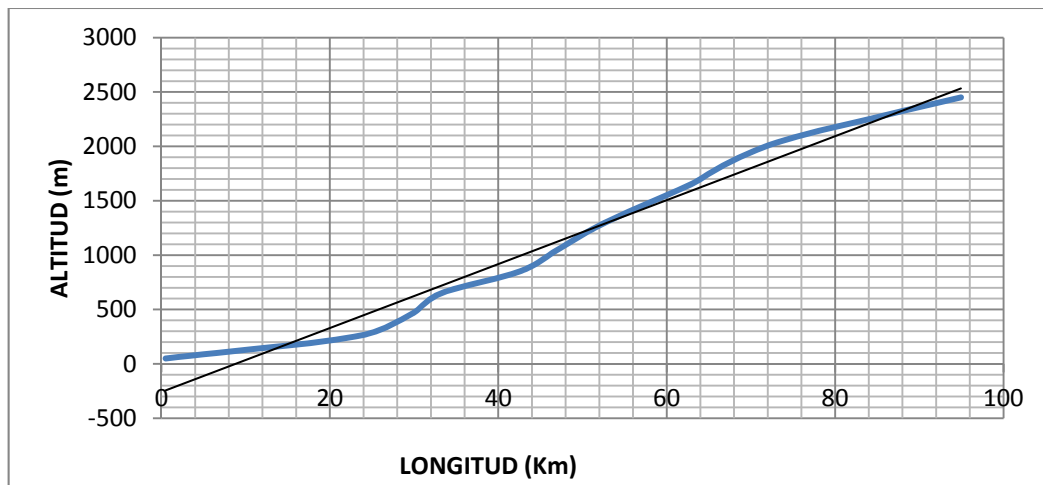
La pendiente del río influye sobre la velocidad del flujo y juega un papel importante en la forma del hidrograma.

Los perfiles típicos de los cauces naturales son cóncavos hacia arriba, además cada uno de los cauces tiene un perfil diferente, por lo que solo se considera la pendiente del cauce o río principal para la determinación de la pendiente promedio.

**TABLA N° 4.4**  
**PENDIENTE POR TRAMOS DEL RIO CACHIMAYO.**

<b>ALTITUD m.s.n.m.</b>	<b>DIF. COTAS (m)</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>PENDIENTE %</b>
5050-5000	50	500	10.00
5000-4800	200	22500	0.89
4800-4600	200	6500	3.08
4600-4400	200	3750	5.33
4400-4200	200	9300	2.15
4200-4000	200	4500	4.44
4000-3800	200	4400	4.55
3800-3600	200	5500	3.64
3600-3400	200	5900	3.39
3400-3200	200	4500	4.44
3200-3000	200	6300	3.18
3000-2800	200	10300	1.94
2800-2600	200	11000	1.82
2600-2400	200	6300	3.18
2400-2220	180	6800	2.65

**DIAGRAMA N° 2.2 PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE**



La forma más fácil y más usada para cuantificar la pendiente promedio de un cauce es la de obtener la pendiente de una línea (A-B), trazada de modo que el área bajo ella sea igual al área bajo el perfil del cauce principal. El perfil natural del cauce principal, representado por una línea quebrada continua, y la pendiente promedio (4.66%) por la línea recta A-B. Otra forma de obtener la pendiente promedio es mediante el método de **Taylor - Schwarz**, quienes consideraron la pendiente de un canal uniforme de la misma longitud y distribución temporal del flujo que el cauce principal. el valor de la pendiente del cauce estaría dado por la siguiente ecuación:

$$S_p = \left( \frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S}}} \right)^2 \quad F(4.4)$$

Dónde:

$S_p$  = Pendiente Promedio del Cauce.

$S$  = Pendiente de cada tramo.

$L_i$  = Longitud de cada tramo

**TABLA N° 4.5**  
**PENDIENTE POR TRAMOS**

ALTITUD	DIF. COTAS	LONGITUD(m)	PENDIENTE	L/S^0.5
5050-5000	50	500	0.10	1581.1
5000-4800	200	22500	0.01	238648.5
4800-4600	200	6500	0.03	37055.7
4600-4400	200	3750	0.05	16238.0
4400-4200	200	9300	0.02	63417.5
4200-4000	200	4500	0.04	21345.4
4000-3800	200	4400	0.05	20637.8
3800-3600	200	5500	0.04	28842.2
3600-3400	200	5900	0.03	32045.2
3400-3200	200	4500	0.04	21345.4
3200-3000	200	6300	0.03	35358.7
3000-2800	200	10300	0.02	73916.4
2800-2600	200	11000	0.02	81578.2
2600-2400	200	6300	0.03	35358.7
2400-2220	180	6800	0.03	41795.3
		<b>108050</b>		<b>749164.10</b>

Utilizando la formula F (4.4)

$$S_p = \left( \frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S}}} \right)^2$$

$$S_p = \left( \frac{108050}{749164.10} \right)^2$$

$$S_p = 2.08\%$$

#### 4.3.2.10. COEFICIENTE DE COMPACIDAD

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo cuya área sea igual al de la cuenca en estudio, tiene relación con la forma de concentración del escurrimiento, así como en el origen de las crecidas e indica el grado de irregularidad de la cuenca.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$K_c = 0.28 \frac{P}{A^{1/2}} \quad F(4.5)$$

Dónde:

$K_c$  = Índice de Compacidad.

P = Perímetro de la Cuenca

A = Área de la Cuenca

Índice de compacidad de la Cuenca del Río Cotahuasi utilizando F (4.5):

$$K_c = 0.28 \frac{381.40}{4510^{1/2}}$$

$$K_c = 1.60$$

Índice de compacidad hasta el punto de captación:

$$K_c = 0.28 \frac{318.72}{3774^{1/2}}$$

$$K_c = 1.46$$

Este valor nos indica que la cuenca es irregular (en ambos casos), no estando sujeta a crecientes fuertes, se debe tener en cuenta que valores cercanos a la unidad, corresponden a cuencas de forma casi circular, con mayores posibilidades de crecientes bruscas.

#### 4.3.2.11. FACTOR DE FORMA

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud en línea recta del curso de agua al cuadrado. Expresa la mayor o menor tendencia a crecientes de una cuenca; influye en las

características de similitud entre cuencas. Puede ser usado en el análisis regional o en comparaciones de patrones de escorrentía. Horton sugirió la siguiente relación:

$$F = \frac{A}{Lb^2} \quad F (4.6)$$

Dónde:

F = Factor de Forma.

A = Área de la Cuenca.

Lb = Longitud en Línea recta del cauce.

Factor de Forma de la cuenca del Río Cotahuasi utilizando F (4.6):

$$F = \frac{4510}{110.50^2}$$

$$F = 0.37$$

Factor de Forma de la cuenca hasta el punto de captación:

$$F = \frac{3774}{74.32^2}$$

$$F = 0.68$$

#### 4.3.3. EVALUACION DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA

La Hidrología es muy dependiente y necesita muestras buenas sobre las características hidrológicas de una vertiente o cuenca, tanto en el tiempo como en el espacio. Para obtener soluciones de significación, las muestras deben ser representativas. Además las muestras en el tiempo deben ser homogéneas.

Con respecto al tiempo el término representativo, significa que la muestra debe tener un período suficientemente prolongado en el que quede comprendido un rango adecuado de la información por usarse. Los datos deben representar adecuadamente a la precipitación real o verdadera caída en la cuenca.

El concepto de homogeneidad implica que los registros deben tener un significado común en todo el período de tiempo registrado. Comúnmente se introduce espacios con falta de homogeneidad en un registro de precipitación, al cambiarse el sitio de la estación de observación. Los antecedentes de una estación deben ser revisados antes de utilizar algún registro y si quedara alguna duda, debe hacerse un análisis de curva de doble masa para definir falta de homogeneidad y determinar la magnitud de los cambios en el registro.

Antes del análisis, se debe de conocer mucho de un problema. Los registros cortos o interrumpidos, pueden ser ajustados a períodos de tiempo más largos y ser utilizados para construir un mapa de precipitación media anual que muestra el efecto que produce la topografía del terreno.

Para el estudio hidrológico de la cuenca del Río Cotahuasi (hasta el punto de captación), se recabó información de precipitación máxima en 24 horas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de las tres estaciones dentro de la cuenca y dos estaciones que son las más cercanas a la zona de la cuenca, con un período de 33 años (1964-1996).

Para la evaluación de la información de precipitación total anual se utilizaron los siguientes métodos:

#### 4.3.3.1. ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Se verificó la bondad o consistencia del registro de una estación comparando la precipitación acumulada anual, con valores concurrentes acumulados, de precipitación media para las estaciones: Cotahuasi, Tomepampa y Puica, Salamanca con Chichas

#### 4.3.3.2. ANALISIS POR CORRELACION LINEAL

Como la hidrología es una ciencia empírica, y un gran número de problemas que confronta el hidrólogo requieren análisis de correlación o la aplicación de una función obtenida a través de estas técnicas. En nuestro estudio emplearemos la correlación lineal de dos variables para la evaluación de la información de precipitación total anual.

Haremos uso de las siguientes ecuaciones:

**Ecuación de la recta:**

$$Y = A + BX \quad E(4.1)$$

**Coefficiente de Regresión:**

$$B = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad E(4.2)$$

**Término constante:**

$$A = \frac{\sum Y - B \sum X}{n} \quad E(4.3)$$

**Coefficiente de Correlación:**

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{((n \sum X^2 - (\sum X)^2) - (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2))^{1/2}} \quad E(4.4)$$

Dónde:

X = variable independiente

Y = variable dependiente

n = longitud del registro de datos

En el presente estudio hidrológico se ha creído conveniente agrupar a las estaciones teniendo en cuenta su cercanía y ciertas características geográficas. Se agruparon las estaciones de Cotahuasi, Tomepampa y Puica, y Salamanca con Chichas, tomando los datos acumulados del análisis de doble masa y también los datos de precipitación anual para cada grupo respectivamente. Se agruparon las estaciones de Salamanca y Chichas debido a que son las más cercanas a la cuenca y con información aceptable.

#### **4.3.3.3. PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA**

En el estudio hidrológico de la Sub cuenca del Río Cachimayo (hasta la zona de ubicación del puente) se empleó la red de Thiessen, el cual es un método común para determinar los factores de ponderación en proporción al área considerada para cada estación. La red de Thiessen se construye sobre un plano uniendo las estaciones adyacentes con las líneas rectas y trazando luego bisectores perpendiculares alrededor de una estación, incluye un área que siempre es la más cercana a la estación que cualquier otra de ellas. Se considera que esta área queda o estará mejor representada por la precipitación de la estación correspondiente a la que incluye o rodea. Para calcular la lluvia promedio, el

área representada por cada estación se expresa como porcentaje del área total.. La lluvia promedio es la suma de productos obtenidos de multiplicar los valores individuales de lluvia en las estaciones, por sus porcentajes del área total.

La precipitación media se calcula con:

$$P_m = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + P_4A_4 + P_5A_5}{A_{\text{total}}} \quad E(4.5)$$

Dónde:

$P_m$  = Precipitación media total anual

$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  = Precipitaciones en las estaciones E1, E2, E3, E4, E5.

$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  = Áreas de influencia de cada estación en la cuenca.

$A_{\text{total}}$  = Área de la Cuenca.

El intervalo de recurrencia está definido, como el intervalo promedio de los años entre la ocurrencia de la avenida de magnitud especificada y una avenida igual o mayor. El intervalo de recurrencia o período de retorno se calcula con la expresión:

$$T_r = \frac{N + 1}{m} \quad E(4.6)$$

Dónde:

$T_r$  = Intervalo de recurrencia o periodo de retorno.

$N$  = Número de años del período de registro.

$m$  = Es la clasificación del evento de acuerdo a su orden de magnitud (decreciente).

Si un evento tiene un intervalo de recurrencia verdadero de  $T_r$  años, entonces la probabilidad  $p$  que sería igualada o excedida en cualquier año es:

$$p = \frac{1}{T_r} \quad E(4.7)$$

En la tabla N° 4.6 se muestran las precipitaciones medias total anual y máxima en 24 horas, respectivamente, igualmente su ordenamiento en forma decreciente, sus correspondientes períodos de retorno y otros valores que serán usados posteriormente.

**TABLA N° 4.6**  
**SERIE HISTÓRICA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (MM)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P max 24h
1965	22.5	14.4	20.2	15	0	0	0	0	5.5	8.5	8.5	22.2	22.50
1966	29.2	24.5	13.2	3.5	10.5	0	0	0	5.5	32	8.4	14.4	32.00
1967	9.5	10.7	18.1	23.7	11.2	0	4.5	4.2	9.2	22.5	10.5	12.5	23.70
1968	20	14.1	23.5	9.5	0	4.5	13	10.5	6	19.5	20	17	23.50
1971	16.1	17.8	16	17	0	2.5	0	0	0	4.3	3.5	17.6	17.80
1972	15.8	13.6	12	10.2	0	0	8	4.6	7.6	8.6	9.4	23.1	23.10
1973	29.8	22	23	16.2	8.6	0	1.8	2.5	22.2	15	20.8	15	29.80
1974	22	19.8	13.8	18	1.4	15.2	0	20.6	8.8	9.4	6	8.8	22.00
1975	17.6	18.6	14.8	10.6	16.4	5.6	0	0	0	5.8	8	12.6	18.60
1976	14.6	13	11.6	8.4	11.8	14.2	0	13.8	11	1.6	10.6	10.2	14.60
1977	8.6	16	9.6	0	1.4	0	6.2	0	5.6	9.4	8.2	7.8	16.00
1993	34.9	30.7	34	22	3	0	8	5.6	4.2	24.2	39	33.2	39.00
1994	26.2	35.8	23	10.9	14.8	0	0	0	12	5	34	17.4	35.80
1995	35.3	25.8	34.2	23.8	2.7	0	0	2.8	6.5	27.8	11.7	21.4	35.30
1996	23.6	33	24	20.2	8.3	0	0	7.1	10.1	6.5	12.6	20.7	33.00
1997	30.3	23.2	15.3	13	2.2	0	0	11.8	16	5	20.8	37.2	37.20
1998	42.7	28.4	13.2	6	0	2.5	0	1.6	8	20.6	16.9	15.9	42.70
1999	23.8	34.7	24.2	40.4	3.6	0	0	8	13	12	17.9	21.1	40.40
2000	26.6	26.1	31.1	11.1	3.5	3.9	0	6.5	5.7	17	7.4	27.3	31.10
2001	24.5	27	30.8	27.1	14.7	9	3.8	2	1.5	10.9	10.5	17.4	30.80
2002	28.5	31	20.8	9.1	12.6	5	10.6	0	14.8	12.9	0	22.4	31.00
2003	32.5	24.3	26.2	9.3	3.2	8	0	5.5	16.7	5.5	31.5	22.4	32.50
2004	50.3	27.8	33	24	0	1.8	5.3	12	8.8	14.6	26.1	26.8	50.30
2005	11.3	35.6	22.5	13.9	1.1	0	0	3	2.6	12.6	8.2	34.4	35.60
2006	43.4	23.8	36.4	21.4	8	3.1	0	8.8	10	21.7	15.7	19	43.40
2007	37	15	16.3	11	2.7	0	3.4	0	6.3	13.5	13.7	27.5	37.00

#### 4.3.4. DISTRIBUCION TEORICA DE PRECIPITACIONES

La finalidad principal del estudio hidrológico de la sub cuenca del Río Cachimayo (hasta la zona de ubicación del puente), es determinar la máxima avenida para un cierto período de retorno. Con el caudal calculado se procederá al diseño de las principales estructuras de la bocatoma.

Para nuestro caso se dispone de registros de aforos en la Estación Tomepampa (25 años), con los cuales se han generado los aforos en el punto de captación, la manera más directa y confiable para determinar la descarga máxima consiste en llevar a cabo un análisis de frecuencias de estos registros utilizando algunas de las funciones de distribución como :

- Distribución Log – Pearson Tipo III
- Distribución Valor Extremo Tipo I o Ley de Gumbel

##### 4.3.4.1. DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \int e^{-\frac{(\ln x - \delta)}{\alpha}} \frac{(\ln x - \delta)^{\beta-1}}{\alpha} dx \quad F(4.8)$$

Donde  $\bar{X}$  y  $S$  son los parámetros de la distribución.

Si la variable  $x$  de la ecuación (4.8) se reemplaza por una función  $y = f(x)$ , tal que  $y = \log(x)$ , la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal,  $N(Y, S_y)$ . Los valores originales de la variable aleatoria  $x$ , deben ser transformados a:

$y = \log x$ , de tal manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n \quad \text{F(4.9)}$$

Donde  $\bar{Y}$  es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad \text{F(4.10)}$$

Donde  $S_y$  es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$C_s = a/S^3 y \quad \text{F(4.11)}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3 \quad \text{F(4.12)}$$

Dónde:

$C_s$  = es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada. (Monsalve, 1999).

El análisis para la distribución Log – Pearson Tipo III de la Estación Tomepampa se presenta en la TABLA N° 4.7

**TABLA N° 4.7**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III - ESTACIÓN TOME PAMPA**

ITEM	AÑO	P.MAX24 E. Tomepampa CRONOLOGICO	Log P(y)	(y- $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>	(y- $\bar{y}$ ) <sup>3</sup>
1.0	1965.0	22.5	1.35	0.01	-0.002
2.0	1966.0	32.0	1.51	0.00	0.000
3.0	1967.0	23.7	1.37	0.01	-0.001
4.0	1968.0	23.5	1.37	0.01	-0.001
5.0	1971.0	17.8	1.25	0.05	-0.010
6.0	1972.0	23.1	1.36	0.01	-0.001
7.0	1973.0	29.8	1.47	0.00	0.000
8.0	1974.0	22.0	1.34	0.02	-0.002
9.0	1975.0	18.6	1.27	0.04	-0.008
10.0	1976.0	14.6	1.16	0.09	-0.028
11.0	1977.0	16.0	1.20	0.07	-0.018
12.0	1993.0	39.0	1.59	0.02	0.002
13.0	1994.0	35.8	1.55	0.01	0.001
14.0	1995.0	35.3	1.55	0.01	0.001
15.0	1996.0	33.0	1.52	0.00	0.000
16.0	1997.0	37.2	1.57	0.01	0.001
17.0	1998.0	42.7	1.63	0.03	0.004
18.0	1999.0	40.4	1.61	0.02	0.003
19.0	2000.0	31.1	1.49	0.00	0.000
20.0	2001.0	30.8	1.49	0.00	0.000
21.0	2002.0	31.0	1.49	0.00	0.000
22.0	2003.0	32.5	1.51	0.00	0.000
23.0	2004.0	50.3	1.70	0.06	0.013
24.0	2005.0	35.6	1.55	0.01	0.001
25.0	2006.0	43.4	1.64	0.03	0.005
26.0	2007.0	37.0	1.57	0.01	0.001

**38.13**

**0.50**

Dónde:

➤  $\sum Y = 38.13$

De F(4.9)

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n$$

$$\bar{Y} = \frac{38.13}{26}$$

$$\bar{Y} = 1.47$$

Dónde:

$$\sum (y - \bar{Y})^2 = 0.50$$

De F(4.10)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{0.50}{25-1}}$$

$$S_y = 0.14$$

Puede calcularse encontrando el valor de una variable intermedia

$$W = \left[ \ln \left( \frac{1}{p^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{F(4.13)}$$

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3} \quad \text{F(4.14)}$$

$$K_T = Z + (Z^2 - 1) \frac{C_s}{6} + \frac{1}{3} (Z^3 - 6Z) \left( \frac{C_s}{6} \right)^2 - (Z^2 - 1) \left( \frac{C_s}{6} \right)^3 + Z \left( \frac{C_s}{6} \right)^4 + \frac{1}{3} \left( \frac{C_s}{6} \right)^5 \quad \text{F(4.15)}$$

Para Cs usar F(4.11)

$$Y = \bar{Y} + K_T S_y \quad \text{F(4.16)}$$

Las precipitaciones correspondientes a periodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 Y 400 años se muestran a continuación en el TABLA N° 4.8

**TABLA N° 4.8**  
**ECUACION DE CÁLCULO PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III**

ITEM	T Años	p 1 / T	w	z	K	Y	P.MAX (mm) X = 10^Y
1	1.000	1.0000	5.26	-4.75	-7.11	0.4622	2.90
2	2.000	0.5000	1.18	0.00	0.10	1.4804	30.23
3	5.000	0.2000	1.79	0.84	0.86	1.5876	38.69
4	10.000	0.1000	2.15	1.28	1.20	1.6365	43.30
5	20.000	0.0500	2.45	1.65	1.46	1.6733	47.13
6	50.000	0.0200	2.80	2.05	1.73	1.7111	51.42
7	100.000	0.0100	3.03	2.33	1.89	1.7343	54.23
8	200.000	0.0050	3.26	-2.58	-3.13	1.0243	10.58
9	400.000	0.0025	3.46	2.81	2.16	1.7713	59.06
10	500.000	0.0020	3.53	2.88	2.19	1.7764	59.76
11	1000.000	0.0010	3.72	3.09	2.29	1.7910	61.80

#### **DISTRIBUCIÓN GUMBEL - VALORES EXTREMOS (TIPO I)**

Fisher y Tippett encontraron que la distribución de valor máximo (o mínimo) seleccionado de la muestra de tamaño "n" se aproxima a la distribución límite cuando el tamaño de la muestra se aumenta. Cuando las distribuciones iniciales presentan colas que puedan aproximarse por funciones de tipo exponencial, se encuentra que los valores extremos tienden a tener una distribución Tipo I. Esta distribución está dada por la siguiente expresión.

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad F(4.17)$$

Siendo:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad F(4.18)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S \quad F(4.19)$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \quad F(4.20)$$

Dónde:

$\alpha$ : Parámetro de concentración.

$\beta$ : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x \quad F(4.21)$$

Dónde:

$x$ : Valor con una probabilidad dada.

$\bar{x}$ : Media de la serie.

$k$ : Factor de frecuencia.

El análisis para la Distribución Gumbel de la Estación Tomepampa se presenta en el  
TABLA N° 05.

**TABLA N° 4.9**  
**DISTRIBUCIÓN GUMBEL - ESTACIÓN TOME PAMPA**

ITEM	AÑO	(P.MAX24) E.TOME PAMPA CRONOLOGICO (y)	(y- $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>
1.0	1963.0	22.5	67.6
2.0	1964.0	32.0	1.6
3.0	1965.0	23.7	49.3
4.0	1966.0	23.5	52.1
5.0	1967.0	17.8	166.9
6.0	1968.0	23.1	58.1
7.0	1969.0	29.8	0.8
8.0	1970.0	22.0	76.0
9.0	1971.0	18.6	146.9
10.0	1972.0	14.6	259.8
11.0	1973.0	16.0	216.7
12.0	1974.0	39.0	68.6
13.0	1975.0	35.8	25.8
14.0	1976.0	35.3	21.0
15.0	1977.0	33.0	5.2
16.0	1978.0	37.2	42.0
17.0	1979.0	42.7	143.5
18.0	1992.0	40.4	93.7
19.0	1993.0	31.1	0.1
20.0	1994.0	30.8	0.0
21.0	1995.0	31.0	0.1
22.0	1996.0	32.5	3.2
23.0	1997.0	50.3	383.4
24.0	1998.0	35.6	23.8
25.0	1999.0	43.4	160.8
26.0	2000.0	37.0	39.4
		<b>798.70</b>	<b>2106.5</b>

Dónde:

$$\text{➤} \quad \Sigma Y = 798.70$$

De F (4.18)

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

$$\bar{Y} = \frac{798.70}{26}$$

$$\bar{Y} = 30.72$$

Dónde:

$$\text{➤} \quad \Sigma(y - \bar{Y})^2 = 2106.5$$

De F (4.10)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2106.5}{25-1}}$$

$$S_y = 9.18$$

De F (4.19)

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * 9.18$$

$$\alpha = 7.16$$

De F (4.20)

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

$$\beta = 30.72 - 0.45 * 9.18$$

$$\beta = 26.59$$

**TABLA N° 4.10**  
**ECUACION DE CÁLCULO PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**  
**DISTRIBUCIÓN GUMBEL - VALORES EXTREMOS (TIPO I)**

ITEM	TR	p	Y= - LN ( - LN (P))	P.MAX (mm)
	Años	P=1-1/TR		MU + Y x Alfa
1	1.000	0.00	-2.626	7.80
2	2.000	0.50	0.367	29.21
3	5.000	0.80	1.500	37.32
4	10.000	0.90	2.250	42.69
5	20.000	0.95	2.970	47.85
6	50.000	0.98	3.902	54.51
7	100.000	0.99	4.600	59.51
8	200.000	1.00	5.296	64.49
9	400.000	1.00	5.990	69.46
10	500.000	1.00	6.214	71.06
11	1000.000	1.00	6.907	76.02

**CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA (I<sub>MAX</sub>):**

La intensidad máxima por duración se calcula por la ecuación:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad \text{F (4.22)}$$

Dónde:

P<sub>24h</sub> = precipitación máximo (mm/min)

d = duración (min)

**TABLA N° 4.11**  
**INTENSIDADES MAXIMOS (mm/min)**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TYPE III - GUMBEL**

T años	Log Pearson Type III	Gumbel	P.Max 24 horas	Duración en (mm/min)					
				20	30	60	120	180	240
1.00	2.90	7.80	7.80	2.68	2.96	3.52	4.19	4.64	4.98
2.00	30.23	29.21	30.23	10.38	11.48	13.66	16.24	17.97	19.31
5.00	38.69	37.32	38.69	13.28	14.70	17.48	20.79	23.01	24.72
10.00	43.30	42.69	43.30	14.86	16.45	19.56	23.26	25.75	27.67
20.00	47.13	47.85	47.85	16.43	18.18	21.62	25.71	28.45	30.57
50.00	51.42	54.51	54.51	18.71	20.71	24.63	29.29	32.41	34.83
100.00	54.23	59.51	59.51	20.43	22.61	26.89	31.97	35.39	38.02
200.00	10.58	64.49	64.49	22.14	24.50	29.14	34.65	38.35	41.21
400.00	59.06	69.46	69.46	23.85	26.39	31.38	37.32	41.30	44.38
500.00	59.76	71.06	71.06	24.39	27.00	32.10	38.18	42.25	45.40
1000.00	61.80	76.02	76.02	26.10	28.88	34.35	40.85	45.20	48.58

**TABLA N° 4.11**  
**INTENSIDADES MAXIMOS (mm/Hr)**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TYPE III - GUMBEL**

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		15	30	60	120	180	240
1.00	7.80	8.00	5.90	3.50	2.10	1.50	1.20
2.00	30.23	31.10	23.00	13.70	8.10	6.00	4.80
5.00	38.69	39.80	29.40	17.50	10.40	7.70	6.20
10.00	43.30	44.60	32.90	19.60	11.60	8.60	6.90
20.00	47.85	49.30	36.40	21.60	12.90	9.50	7.60
50.00	54.51	56.10	41.40	24.60	14.60	10.80	8.70
100.00	59.51	61.30	45.20	26.90	16.00	11.80	9.50
200.00	64.49	66.40	49.00	29.10	17.30	12.80	10.30
400.00	69.46	71.50	52.80	31.40	18.70	13.80	11.10
500.00	71.06	73.20	54.00	32.10	19.10	14.10	11.40
1000.00	76.02	78.30	57.80	34.30	20.40	15.10	12.10

## PRUEBAS DE BONDAD DEL AJUSTE:

### KOLMOGOROV - SMIRNOV

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ :

$$D = \text{Max}|F_o(x_m) - F(x_m)| \quad F(4.23)$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de  $X^2$  de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(x_m) = 1 - \left(\frac{m}{n+1}\right) \quad F(4.24)$$

Donde m es el número de orden de dato ( $x_m$ ) en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos. (Aparicio, 1996)

Ecuaciones para hallar  $\alpha$  y  $\beta$

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{\sigma} \quad F(4.25)$$

$$\beta = \bar{Y} - \frac{\mu_y}{\alpha} \quad F(4.26)$$

Dónde:

$\sigma$  = Desviación Estándar

$\bar{Y}$  = Promedio

$\mu_y, \sigma_y$  = valores que se determina de la tabla (4.12)

**TABLA N° 4.12**

**VALORES PARA EL CÁLCULO DE ALFA Y BETA**

<b>n</b>	<b><math>\mu_y</math></b>	<b><math>\sigma_y</math></b>
10	0.4967	0.9573
11	0.4996	0.9676
12	0.5039	0.9833
13	0.507	0.9971
14	0.51	1.0095

**TABLA N° 4.13**

**VALORES PARA EL CÁLCULO DE ALFA Y BETA**

<b>N° de orden (m)</b>	<b>Tr ((n+1)/m)</b>	<b>Precipitación ordenada de &gt; a &lt;(mm)</b>	<b><math>(\bar{Y}-Y)^2</math></b>
1	12.00	76.02	617.48
2	6.00	71.06	395.40
3	4.00	69.46	334.37
4	3.00	64.49	177.32
5	2.40	59.51	69.51
6	2.00	54.51	11.16
7	1.71	47.85	11.08
8	1.50	43.30	62.03
9	1.33	38.69	155.86
10	1.20	30.23	438.73
11	1.09	7.80	1881.77

**562.92      4154.71**

Determinación de  $\sigma$  y  $\bar{Y}$

Usando F(4.18)

$$\bar{Y} = \frac{562.92}{11}$$

$$\bar{Y} = 51.175$$

Usando F (4.10)

$$S_Y = \sqrt{\frac{4154.71}{11 - 1}}$$

$$\sigma_y \text{ o } S_Y = 20.383$$

Usando F(4.25) para determinar  $\alpha$  y F(4.26) para determinar  $\beta$

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

$\sigma =$  de tabla 4.12

para  $n = 11$   $\sigma = 0.9676$  (tabla 4.12)

$$\alpha = \frac{20.383}{0.9676}$$

$$\alpha = 0.04747$$

$$\beta = \bar{Y} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

para  $n = 11$   $\sigma = 0.4996$  (tabla 4.12)

$$\beta = 51.175 - \frac{0.4996}{0.04747}$$

$$\beta = 40.6504$$

Para la prueba de bondad del ajuste:

**TABLA N° 4.14**  
**BONDAD DEL AJUSTE**

N° de orden (m)	Tr ((n+1)/m)	Prueba de bondad de ajuste							
		Precipitación ordenada de > a <(mm)	b calculado = $\alpha (y - \beta)$	Distribución empírica P (X<Xm)	Distribución empírica P en % (X<Xm)	Distribución teórica P (X<Xm)	Distribución teórica P en % (X<Xm)		Diferencia $\Delta =  DT - DE $
1	12.00	76.02	1.679215	0.91667	91.67	0.8298	82.9842		0.086825
2	6.00	71.06	1.443547	0.83333	83.33	0.7897	78.9711		0.043623
3	4.00	69.46	1.367649	0.75000	75.00	0.7751	77.5145		0.025145
4	3.00	64.49	1.131726	0.66667	66.67	0.7244	72.4353		0.057686
5	2.40	59.51	0.895374	0.58333	58.33	0.6647	66.4677		0.081343
6	2.00	54.51	0.658157	0.50000	50.00	0.5958	59.5827	$\Delta$ máx.	0.095827
7	1.71	47.85	0.341596	0.41667	41.67	0.4913	49.1332		0.074665
8	1.50	43.30	0.125721	0.33333	33.33	0.4140	41.4012		0.080678
9	1.33	38.69	-0.093028	0.25000	25.00	0.3337	33.3707		0.083707
10	1.20	30.23	-0.494714	0.16667	16.67	0.1940	19.3974		0.027308
11	1.09	7.80	-1.559643	0.08333	8.33	0.0086	0.8590		0.074743

$$\Delta \text{Máx.} = 0.095827$$

$\Delta c$  (tabla Smirnov)

$$\Delta c = \frac{1.36}{n^{0.5}}$$

$$\Delta c = \frac{1.36}{11^{0.5}}$$

$$\Delta c = 0.410055$$

Prueba de bondad de ajuste

$$\Delta \text{Máx} < \Delta c$$

$$0.095827 < 0.410055 \text{ OK}$$

**FÓRMULA QUE EXPRESAN LA INTENSIDAD MÁXIMA, EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN Y PERÍODO DE RETORNO**

**CALCULO DE FORMULA USA:**

$$\dot{i}_{\text{max}} = \frac{KT^a}{D^b} \quad \text{F(4.26)}$$

Donde:

I Max = Intensidad Máxima (mm/Hr)

a,b,k = Parámetros

D = Duración (minutos)

T = periodo de retorno (años)

$$\ln I = \ln K + a \ln T - b \ln D \quad \text{F(4.27)}$$

$$\ln K = c \quad \text{F(4.28)}$$

$$K = e^c$$

F(4.29)

**TABLA N° 4.15**  
**PRECIPITACION CALCULADO**

orden	T años	Duración (mm/hora)					
		15	30	60	120	180	240
11.000	1.000	8.000	5.900	3.500	2.100	1.500	1.200
10.000	2.000	31.100	23.000	13.700	8.100	6.000	4.800
9.000	5.000	39.800	29.400	17.500	10.400	7.700	6.200
8.000	10.000	44.600	32.900	19.600	11.600	8.600	6.900
7.000	20.000	49.300	36.400	21.600	12.900	9.500	7.600
6.000	50.000	56.100	41.400	24.600	14.600	10.800	8.700
5.000	100.000	61.300	45.200	26.900	16.000	11.800	9.500
4.000	200.000	66.400	49.000	29.100	17.300	12.800	10.300
3.000	400.000	71.500	52.800	31.400	18.700	13.800	11.100
2.000	500.000	73.200	54.000	32.100	19.100	14.100	11.400
1.000	1000.000	78.300	57.800	34.300	20.400	15.100	12.100

**TABLA N° 4.16**  
**CALCULADO DE LOG(X)**

T	Y Log (P)	X1 Log (T)	X2 Log (t)	X1 <sup>A2</sup>	X2 <sup>A2</sup>	X1 x X2	X1 x Y	X2 x Y	N
1	0.903	0.000	1.176	0.000	1.383	0.000	0.000	1.062	1
2	1.493	0.301	1.176	0.091	1.383	0.354	0.449	1.756	2
5	1.600	0.699	1.176	0.489	1.383	0.822	1.118	1.882	3
10	1.649	1.000	1.176	1.000	1.383	1.176	1.649	1.940	4
20	1.693	1.301	1.176	1.693	1.383	1.530	2.202	1.991	5
50	1.749	1.699	1.176	2.886	1.383	1.998	2.971	2.057	6
100	1.787	2.000	1.176	4.000	1.383	2.352	3.575	2.102	7
200	1.822	2.301	1.176	5.295	1.383	2.706	4.193	2.143	8
400	1.854	2.602	1.176	6.771	1.383	3.060	4.825	2.181	9
500	1.865	2.699	1.176	7.284	1.383	3.174	5.032	2.193	10
1000	1.894	3.000	1.176	9.000	1.383	3.528	5.681	2.227	11
1	0.771	0.000	1.477	0.000	2.182	0.000	0.000	1.139	12
2	1.362	0.301	1.477	0.091	2.182	0.445	0.410	2.011	13
5	1.468	0.699	1.477	0.489	2.182	1.032	1.026	2.169	14
10	1.517	1.000	1.477	1.000	2.182	1.477	1.517	2.241	15
20	1.561	1.301	1.477	1.693	2.182	1.922	2.031	2.306	16
50	1.617	1.699	1.477	2.886	2.182	2.510	2.747	2.389	17
100	1.655	2.000	1.477	4.000	2.182	2.954	3.310	2.445	18
200	1.690	2.301	1.477	5.295	2.182	3.399	3.889	2.497	19
400	1.723	2.602	1.477	6.771	2.182	3.844	4.482	2.545	20
500	1.732	2.699	1.477	7.284	2.182	3.987	4.676	2.559	21
1000	1.762	3.000	1.477	9.000	2.182	4.431	5.286	2.603	22
1	0.544	0.000	1.778	0.000	3.162	0.000	0.000	0.967	23
2	1.137	0.301	1.778	0.091	3.162	0.535	0.342	2.021	24
5	1.243	0.699	1.778	0.489	3.162	1.243	0.869	2.210	25
10	1.292	1.000	1.778	1.000	3.162	1.778	1.292	2.298	26
20	1.334	1.301	1.778	1.693	3.162	2.313	1.736	2.373	27
50	1.391	1.699	1.778	2.886	3.162	3.021	2.363	2.473	28
100	1.430	2.000	1.778	4.000	3.162	3.556	2.860	2.542	29
200	1.464	2.301	1.778	5.295	3.162	4.092	3.368	2.603	30
400	1.497	2.602	1.778	6.771	3.162	4.627	3.895	2.662	31
500	1.507	2.699	1.778	7.284	3.162	4.799	4.066	2.679	32
1000	1.535	3.000	1.778	9.000	3.162	5.334	4.606	2.730	33
1	0.322	0.000	2.079	0.000	4.323	0.000	0.000	0.670	34
2	0.908	0.301	2.079	0.091	4.323	0.626	0.273	1.889	35
5	1.017	0.699	2.079	0.489	4.323	1.453	0.711	2.115	36
10	1.064	1.000	2.079	1.000	4.323	2.079	1.064	2.213	37
20	1.111	1.301	2.079	1.693	4.323	2.705	1.445	2.309	38
50	1.164	1.699	2.079	2.886	4.323	3.532	1.978	2.421	39
100	1.204	2.000	2.079	4.000	4.323	4.158	2.408	2.504	40
200	1.238	2.301	2.079	5.295	4.323	4.784	2.849	2.574	41
400	1.272	2.602	2.079	6.771	4.323	5.410	3.309	2.644	42

500	1.281	2.699	2.079	7.284	4.323	5.612	3.457	2.664	43
1000	1.310	3.000	2.079	9.000	4.323	6.238	3.929	2.723	44
1	0.176	0.000	2.255	0.000	5.086	0.000	0.000	0.397	45
2	0.778	0.301	0.176	0.091	0.031	0.053	0.234	0.137	46
5	0.886	0.699	0.778	0.489	0.606	0.544	0.620	0.690	47
10	0.934	1.000	0.886	1.000	0.786	0.886	0.934	0.828	48
20	0.978	1.301	0.934	1.693	0.873	1.216	1.272	0.914	49
50	1.033	1.699	0.978	2.886	0.956	1.661	1.756	1.010	50
100	1.072	2.000	1.033	4.000	1.068	2.067	2.144	1.108	51
200	1.107	2.301	1.072	5.295	1.149	2.466	2.548	1.187	52
400	1.140	2.602	1.107	6.771	1.226	2.881	2.966	1.262	53
500	1.149	2.699	1.140	7.284	1.299	3.076	3.102	1.310	54
1000	1.179	3.000	1.149	9.000	1.321	3.448	3.537	1.355	55
1	0.079	0.000	2.380	0.000	5.665	0.000	0.000	0.188	56
2	0.681	0.301	2.380	0.091	5.665	0.717	0.205	1.621	57
5	0.792	0.699	2.380	0.489	5.665	1.664	0.554	1.886	58
10	0.839	1.000	2.380	1.000	5.665	2.380	0.839	1.997	59
20	0.881	1.301	2.380	1.693	5.665	3.097	1.146	2.097	60
50	0.940	1.699	2.380	2.886	5.665	4.044	1.596	2.236	61
100	0.978	2.000	2.380	4.000	5.665	4.760	1.955	2.327	62
200	1.013	2.301	2.380	5.295	5.665	5.477	2.331	2.411	63
400	1.045	2.602	2.380	6.771	5.665	6.193	2.720	2.488	64
500	1.057	2.699	2.380	7.284	5.665	6.424	2.853	2.516	65
1000	1.083	3.000	2.380	9.000	5.665	7.141	3.248	2.577	66
	<b>81.254</b>	<b>105.612</b>	<b>109.308</b>	<b>231.050</b>	<b>198.269</b>	<b>174.794</b>	<b>144.454</b>	<b>129.262</b>	

#### SUMATORIA DE LA TABLA N° 4.16

Log(P)	Log (T)	Log (t)					
Y	X1	X2	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>	X1 x X2	X1 x Y	X2 x Y
81.254	105.612	109.308	231.050	198.269	174.794	144.454	129.262

RESOLUCION DE ECUACIONES:

$$\ln I = \ln K + a \ln T - b \ln D$$

$$y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2$$

Y	=	A <sub>0</sub>	+	A <sub>1</sub> X <sub>1</sub>	+	A <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	
81.254	=	66.000 A <sub>0</sub>	+	105.612 A <sub>1</sub>	+	109.308 A <sub>2</sub>	EC. (1)
144.454	=	105.612 A <sub>0</sub>	+	231.050 A <sub>1</sub>	+	174.794 A <sub>2</sub>	EC. (2)
129.262	=	109.308 A <sub>0</sub>	+	174.794 A <sub>1</sub>	+	198.269 A <sub>2</sub>	EC. (3)

RESOLVIENDO LA EC. (1) Y (2)

$$\begin{aligned}
 81.25437177 &= 66 & A_0 &+ 105.61236 & A_1 &+ 109.3082 & A_2 & \times (174.79) \\
 144.4537545 &= 105.61236 & A_0 &+ 231.0495 & A_1 &+ 174.7944 & A_2 & \times (-109.31)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 14202.81128 &= 11536.4321 & A_0 &+ 18460.452 & A_1 &+ 19106.46 \\
 -15789.97419 &= -11544.293 & A_0 &+ -25255.6 & A_1 &+ -19106.5
 \end{aligned}$$

---


$$-1587.162906 = -7.8606697 \quad A_0 + -6795.144 \quad A_1 + 0 \quad \text{EC. (4)}$$

RESOLVIENDO LA EC. (1) Y (3)

$$\begin{aligned}
 81.25437177 &= 66 & A_0 &+ 105.61236 & A_1 &+ 109.3082 & A_2 & \times (198.27) \\
 129.2616822 &= 109.30816 & A_0 &+ 174.79443 & A_1 &+ 198.269 & A_2 & \times (-109.31)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 16110.22433 &= 13085.7551 & A_0 &+ 20939.659 & A_1 &+ 21672.42 \\
 -14129.35671 &= -11948.274 & A_0 &+ -19106.46 & A_1 &+ -21672.4
 \end{aligned}$$

---


$$1980.867622 = 1137.4811 \quad A_0 + 1833.2015 \quad A_1 + 0 \quad \text{EC (5)}$$

RESOLVIENDO LA EC. (4) Y (5)

$$\begin{aligned}
 -1587.162906 &= -7.8606697 & A_0 &+ -6795.144 & A_1 & \times (1833.2) \\
 1980.867622 &= 1137.4811 & A_0 &+ 1833.2015 & A_1 & \times (6795.1)
 \end{aligned}$$

$$-2909589.41 = -14410.191 \quad A_0 + -12456869 \quad A_1$$

$$13460281.45 = 7729348.27 \quad A_0 + 12456869 \quad A_1$$

---


$$10550692.04 = 7714938.08 \quad A_0 + 0 \quad A_1 \quad \text{EC (6)}$$

RESOLVIENDO LA EC. (6)

$$7714938.08 A_0 = 10220692.14$$

$$A_0 = 1.3675667$$

REEMPLAZANDO EN LA EC. (5)  $A_0 = 1.3675667$

$$1980.867622 = 1137.4811A_0 + 1833.2015A_1$$

$$1980.867622 = 1137.4811 * (1.3675667) + 1833.2015A_1$$

$$A_1 = 0.2319911$$

REEMPLAZANDO EN LA EC. (1)  $A_0 = 1.3675667$ ,  $A_1 = 0.2319911$

$$81.254 = 66.000A_0 + 105.612A_1 + 109.308A_2$$

$$81.254 = 66.000 * (1.3675667) + 105.612 * (0.2319911) + 109.308A_2$$

$$A_2 = -0.306529$$

APLICANDO F (4.27)

$$\ln I = \ln K + a \ln T - b \ln D$$

$$\ln I = 1.3675667 + 0.2319911 * \ln T - 0.306529 * \ln D$$

$$K = e^{1.3675667}$$

Dónde:

$$K = 23.311$$

$$a = 0.2319911$$

$$b = 0.306529$$

Para la formula F(4.26) USA

$$I_{MAX} = \frac{K T^a}{D^b}$$

$$I_{MAX} = \frac{23.3311 T^{0.2319911}}{D^{0.306529}}$$

En la siguiente tabla n° 4.17 se ha determinado las intensidades máximas mediante la fórmula de USA



**TABLA N° 4.17**

<b>D (min)</b>	<b>T años</b>	<b>IMAX</b>	<b>D (min)</b>	<b>T años</b>	<b>IMAX</b>
15	1	10.1639	120	1	5.373244
	2	11.937		2	6.310631
	5	14.7644		5	7.805331
	10	17.3401		10	9.167008
	20	20.3651		20	10.76624
	50	25.1887		50	13.31626
	100	29.583		100	15.63935
	200	34.7439		200	18.36771
	400	40.8051		400	21.57204
	500	42.9731		500	22.71818
30	1000	50.47	1000	26.68147	
	1	8.21837	180	1	4.745253
	2	9.6521		2	5.573085
	5	11.9382		5	6.893094
	10	14.0209		10	8.095627
	20	16.4669		20	9.507947
	50	20.3672		50	11.75995
	100	23.9204		100	13.81152
	200	28.0934		200	16.22101
	400	32.9944		400	19.05084
500	34.7474	500		20.06302	
60	1000	40.8093	1000	23.56311	
	1	6.64525	240	1	4.344722
	2	7.80454		2	5.10268
	5	9.65308		5	6.311271
	10	11.3371		10	7.412302
	20	13.3149		20	8.705413
	50	16.4686		50	10.76733
	100	19.3416		100	12.64574
	200	22.7159		200	14.85185
	400	26.6788		400	17.44282
500	28.0962	500		18.36957	
1000	32.9977	1000	21.57423		

Intensidad máxima es de 50,47 (mm/Hr)

### CALCULO DE ESCORRENTIA:

Se determina de escorrentía por la siguiente TABLA N° 4.18

**TABLA N 4.18°**  
**COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA MÉTODO RACIONAL**

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Para la cuenca la escorrentía es de:

$$C = 0.45$$

Aplicando el **FORMULA DE USA** para el cálculo de máximas avenidas tenemos:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Dónde:

$$C = 0.45$$

$$I = 50.47 \text{ mm/Hr}$$

$$A = 943.50 \text{ Km}^2$$

$$Q = \frac{0.45 * 50.47 * 943.50}{360}$$

$$Q = 59.52 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Aplicando el **METODO DE Mc-Math** para el cálculo de máximas avenidas tenemos:

$$Q = C * I * A^{0.58} * S^{0.42} * 10^{-3}$$

Donde:

$$P_{tr} = \text{intensidad máxima anual } (50.47 \text{ mm/Hr} * 24\text{Hr} = 1211.28)$$

$$Q_{MAX} = C * P_{tr} * A^{0.58} * S^{0.42} * 10^{-3}$$

$$Q_{MAX} = 0.45 * 1211.28 * 94350^{0.58} * 0.0466^{0.42} * 10^{-3}$$

$$Q_{MAX} = 115.48 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este valor es el caudal de máxima avenida, con el que trabajaremos para definir la luz y altura del puente.

## **CAPITULO V**

### **5. ESTUDIO DE SUELO Y SOCAVACION**

#### **5.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO**

El presente Informe Técnico tiene por objeto investigar el subsuelo del terreno asignado al proyecto de tesis ANALISIS Y DISEÑO DE PUENTE TIPO ARCO DE LUZ DE 40 METROS, ubicado en el Distrito de la Unión en la Provincia de Charcana, Departamento de Arequipa; por medio de trabajos de campo a través de calicatas “a cielo abierto”, ensayos de Laboratorio estándar y especiales, a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, así como, sus propiedades de resistencia y labores de gabinete, en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad de cimentación, capacidad portante admisible, asentamientos y las recomendaciones generales para la cimentación del proyecto tesis puente tipo arco.

- El programa seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:
- Reconocimiento del terreno.
- Distribución y ejecución de calicatas.
- Ejecución de ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de la Capacidad Portante Admisible.
- Determinación de Asentamientos.
- Conclusiones y Recomendaciones.
- Ubicación y Descripción del Área en Estudio

- La Zona en estudio, se encuentra ubicado en el Distrito de Charcana, Provincia de la Unión, Departamento de Arequipa.
- Acceso del Área en Estudio

Presenta una buena accesibilidad, tomando como vía de acceso a Charcana se realiza mediante la vía asfaltada Arequipa – Chuquibamba, una vía a nivel de afirmado de Chuquibamba a Cotahuasi y una Trocha carrozable de Cotahuasi a Charcana, para acceder al Proyecto de tesis

## **5.2. SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO**

A partir de la información (macro sísmica), se han confeccionado los mapas de líneas Isosistas de algunos sismos destructores que han tenido incidencia sobre la Franja N°1, donde se emplazan las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y parte de Puno (INGEMMET). De acuerdo a esto se ha determinado que la intensidad máxima en la Escala Modificada de Mercalli (E.M.M.), los sismos que han ocurrido en la franja N°1 varían entre VII y X grados. Según el Mapa de Zonificación Sísmica del Sur del Perú – Reglamento Nacional de Construcciones – 1982; hace referencia que la Región Sur del Perú se considera Dividida en dos Zonas de las tres Clasificadas, de acuerdo a la sismicidad observada y a la potencialidad Sísmica de dichas Zonas, se ha determinado a la Zona 1 de Sismicidad Alta (Dptos. De Arequipa, Moquegua y Tacna).

## **5.3. INVESTIGACIONES DE CAMPO**

- **Calicatas o Pozos de Exploración**

Se realizó dos (02) calicatas o pozos de exploración “a cielo abierto”, designados como C-1 y C-2 los cuales fueron ubicados convenientemente y con profundidades suficientes de acuerdo a las intensidades de las cargas estimadas en el proyecto de tesis (ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE TIPO ARCO LUZ DE 40 METROS). Este sistema de exploración nos permite evaluar directamente las diferentes características del subsuelo en su estado natural. La excavación alcanza la siguiente profundidad:

**TABLA N° 5.1**  
**PROFUNDIDAD DE CALICATAS**

Pozo	Profundidad (m) a cielo abierto
C-1	3.00
C-2	3.00

- **Muestreo y Registros de Exploración**

Se tomó muestra disturbada representativa del estrato atravesado en la calicata y en cantidades suficientes como para realizar los ensayos de identificación y clasificación, también se extrajo muestra representativa para el ensayo de Corte Directo.

Paralelamente al muestreo se realizó los registros de exploración, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc.

**FOTO N° 4 CALICATA**



#### **5.4. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Los ensayos de laboratorio Estándar y Especiales, fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos; bajo las Normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M.).

## **A. Ensayos Estándar**

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido y Límite Plástico ASTM D-4318
- Contenido de Humedad ASTM D-2216

## **B. Ensayos Especiales**

Fueron realizados los siguientes:

En una muestra representativa de los pozos C-1 y C-2 de 0.00 – 3.00m de profundidad, se realizó el ensayo de Corte Directo Saturado-Inalterado, ya que los materiales encontrados presentan las características casi uniformes en las 02 calicatas descritas tanto como materiales conglomerados heterogéneos con matriz limo arenosa

**CALICATA N° 1**

ENSAYO	DENSIDAD MÍNIMA			DENSIDAD MÁXIMA		
	1	2	3	1	2	3
VOLUMEN DEL MOLDE/MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98
PESO DEL MOLDE (g)	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00
PESO DEL SUELO + MOLDE (g)	7,675.00	7,730.00	7,780.00	7,815.00	7,845.00	7,838.00
PESO DEL SUELO (g)	2,365.00	2,420.00	2,470.00	2,505.00	2,535.00	2,528.00
DENSIDAD MINIMA/MAXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1.762	1.803	1.841	1.867	1.889	1.884
RESULTADO	DENSIDAD MINIMA: 1.802 (g/cm <sup>3</sup> )			DENSIDAD MAXIMA: 1.880 (g/cm <sup>3</sup> )		

**CALICATA N° 2**

ENSAYO	DENSIDAD MÍNIMA			DENSIDAD MÁXIMA		
	1	2	3	1	2	3
VOLUMEN DEL MOLDE/MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98
PESO DEL MOLDE (g)	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00
PESO DEL SUELO + MOLDE (g)	7,680.00	7,735.00	7,787.00	7,810.00	7,865.00	7,880.00
PESO DEL SUELO (g)	2,370.00	2,425.00	2,477.00	2,500.00	2,555.00	2,570.00
DENSIDAD MINIMA/MAXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.807	1.846	1.863	1.904	1.915
RESULTADO	DENSIDAD MINIMA: 1.806 (g/cm <sup>3</sup> )			DENSIDAD MAXIMA: 1.894 (g/cm <sup>3</sup> )		

**TABLA N° 5.2****OBRA : ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURA PUENTE TIPO ARCO DE LUZ DE 40 METROS****UBICACIÓN : DISTRITO CHARCANA, PROVINCIA UNION, DEPARTAMENTO AREQUIPA**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>C-1</b>	<b>C-2</b>
1 Peso suelo + bandejas grs.	3,710	3,780
2 Peso bandeja	282	282
3 Peso neto suelo + grava (1)-(2)	3,428	3,498
4 Peso grava secada al aire		
5 Peso de arena + el frasco	7,520	7,596
6 Peso de arena que queda + frasco	3,075	3,130
7 Peso neto de arena empleada (5) (6)	2,711	2,732
8 Densidad de la arena	1.51	1.51
9 Volumen del hueco (7) : (8) cc	1,795	1,809
10 Volumen de grava por desplazamiento		
11 Peso del suelo (3) - (4) grs.	3,428	3,498
12 Volumen suelo (9) (10) cc.	1,795	1,809
13 Densidad húmeda (11) grs.	1.91	1.93
14 % de humedad contenida	4.30	4.80
15 Densidad seco (13) : 1 + 14) 100 grs.	1.831	1.845

## 5.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) según la TABLA N° 2.1

**TABLA N° 5.3**

OBRA	ANÁLISIS DE SUELOS : ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURA PUENTE TIPO ARCO DE LUZ DE 40 METROS				
	DESCRIPCIÓN	1		2	
MALLAS SERIE AMERICANA	CAL / MUESTRA	C-1		C-2	
	PROF. (m)	0.00 - 2.50		0.00 - 2.50	
	ABERTURA (mm)	RET.	PASA	RET.	PASA
	3"	76.200			
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400		100		100
3/4"	19.050	6.8	93	9.2	91
1/2"	12.700		93		91
3/8"	9.525	20.6	72.6	16.3	74.5
1/4"	6.350		72.6		74.5
N° 4	4.760	13.8	58.8	19.5	55.0
N° 6	3.360	-	58.8	-	55.0
N° 8	2.380	-	58.8	-	55.0
N° 10	2.000	12.5	46.3	10.4	44.6
N° 16	1.190	-	46.3	-	44.6
N° 20	0.840	-	46.3	-	44.6
N° 30	0.590	-	46.3	-	44.6
N° 40	0.426	18.0	28.3	20.3	24.3
N° 50	0.297	-	28.3	-	24.3
N° 80	0.177	-	28.3	-	24.3
N° 100	0.149	12.6	15.7	8.7	15.6
N° 200	0.074	9.4	6.3	8.3	7.3
N° 200	-	6.3	-	7.3	0
HUMEDAD NATURAL (%)		4.3		4.8	
LÍMITE LÍQUIDO (%)		23.4		24.0	
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NP		NP	
CLASIFICACIÓN SUCS		GP-SM		GP-SM	
CLASIFICACIÓN AASHTO		A-1-a (0)		A-1-a (0)	

## **5.6. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y a la inspección realizada, se efectuó dos (02) perfiles estratigráficos del terreno de construcción

### **5.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO DEL ÁREA EN ESTUDIO.**

De acuerdo a los perfiles estratigráficos inferidos, y a la inspección realizada se concluye que el subsuelo está conformado, desde la superficie y en la profundidad de 3.00 m. con presencia de Material de clasificación "GP-SM". (Conglomerado Heterogéneo con matriz limo arenoso).

## **5.7. ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN**

### **5.7.1. TIPO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN**

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, descripción del perfil estratigráfico, características del proyecto y al análisis efectuado, se concluye que la cimentación será profunda por medio de cimiento corrido y/o zapatas a la profundidad de 3.00m, en material de Conglomerado Heterogéneo con matriz Limo Arenosa.

**TABLA N° 5.4**

**CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**PROYECTO : ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURA PUENTE TIPO ARCO DE LUZ DE 40 METROS**

**UBICACIÓN : DISTRITO CHARCANA, PROVINCIA UNION, DEPARTAMENTO AREQUIPA**

**PESO DE LA MUESTRA SECA + RECIPIENTE: 110.9**

**VOLUMEN : 10.9**

DEFORMACION	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 02	ESPECIMEN 03	ESPECIMEN 04
TANGENCIAL	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$\delta h$ (mm.)	0.126	0.253	0.379	0.506
	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.20	0.243	0.304	0.660	1.117
0.40	0.274	0.375	0.731	1.208
0.60	0.304	0.436	0.812	1.279
0.80	0.355	0.497	0.893	1.351
1.00	0.386	0.558	0.965	1.432
1.20	0.416	0.609	1.046	1.503
1.40	0.457	0.650	1.117	1.574
1.60	0.497	0.700	1.219	1.645
1.80	0.528	0.741	1.290	1.726
2.00	0.589	0.802	1.371	1.787
2.20	0.609	0.853	1.462	1.869
2.40	0.650	0.975	1.523	1.980
2.60	0.700	1.066	1.686	2.102
2.80	0.741	1.188	1.767	2.224
3.00	0.802	1.310	1.828	2.366
3.20	0.843	1.483	1.980	2.519
3.40	0.914	1.574	2.133	2.641
3.60	0.995	1.726	2.336	2.763
3.80	1.066	1.879	2.438	2.895
4.00	1.117	2.031	2.519	2.945

GRAFICO (TABLA N° 5.4) N° 5.1

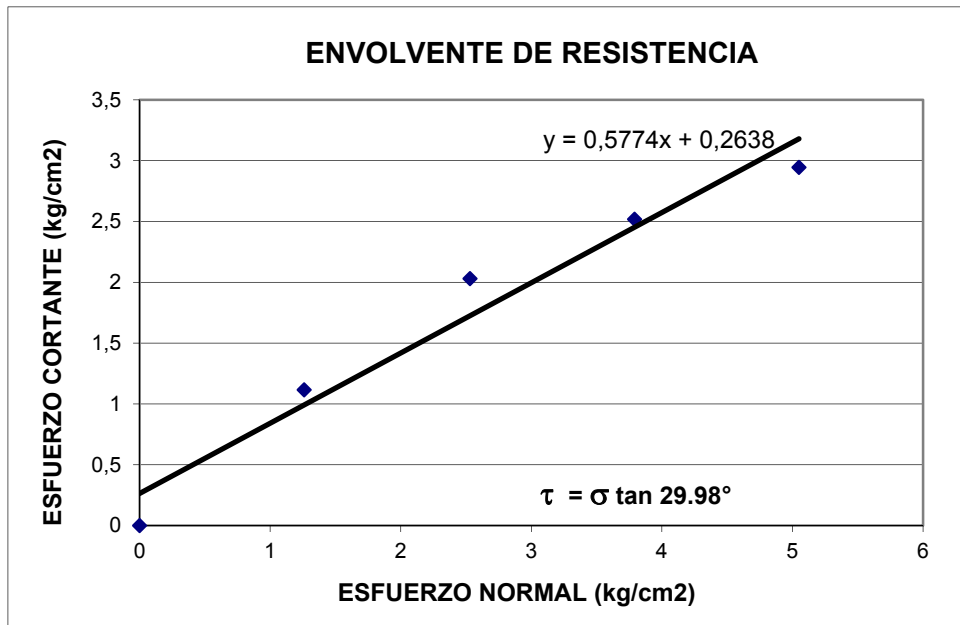
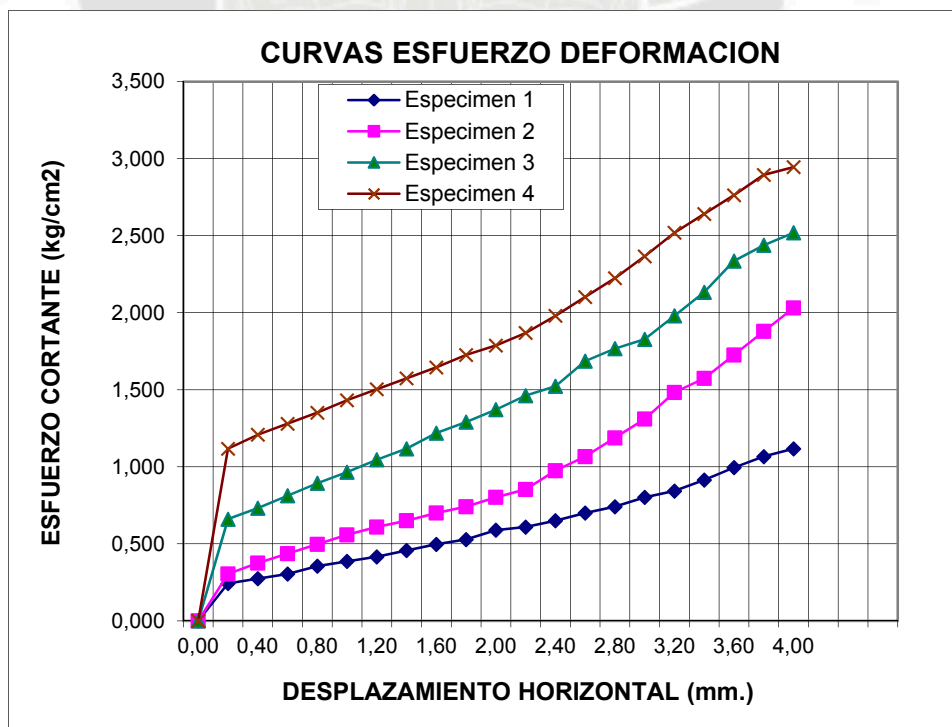


GRAFICO (TABLA N° 5.4) N° 5.2



Con los datos obtenidos en el Ensayo de Corte Directo Premoldeado Saturado ( $\phi = 29.98^\circ$  y  $c = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$ ) en la condición más desfavorable y aplicando la Teoría de Rankine para cimentaciones superficiales, se tiene:

$$N_q = \tan^4(45 + \phi/2) \quad \text{F(5.1)}$$

$$N_\gamma = \tan(45 + \phi/2) (\tan^2(45 + \phi/2) - 1) \quad \text{F(5.2)}$$

$$q_{ad} = \frac{1}{F_s} \left( C N_c + \gamma D_f N_q + \frac{\gamma B}{2} N_\gamma \right) \quad \text{F(5.3)}$$

Dónde:

- qad: Capacidad portante admisible = Kg/cm<sup>2</sup>
- $\phi$ : Ángulo de Fricción Interna = 29.98°
- C: Cohesión = 0.00 (gr/cm<sup>3</sup>)
- $\gamma$ : Densidad Natural = 1.83 (gr/cm<sup>3</sup>)
- Df: Prof. De Cimentación = 3.00 (m)
- B: Ancho de cimiento = 6.50 (m)

$N_q$  y  $N_\gamma$ : Factores de capacidad de carga respectivamente para una falla local.

$N_q = 9.89$  reemplazando F(5.1)

$N_\gamma = 13.92$  reemplazando F(5.2)

Fs: Factor de Seguridad = 3

Reemplazando en F(5.3) se obtiene en la calicata C-1 y C-2

$$q_{ad} = 4.56 \text{ Kg/cm}^2$$

### 5.7.2. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

Aplicando el Método Elástico:

$$S_i = \frac{q_B (1-\mu^2)}{E_s} \times l_f$$

Dónde:

En el análisis de Asentamiento se ha considerado los valores en base a la caracterización geotécnica y estado de compactación del suelo más desfavorable recomendados por J. Bowles; y éstos son:

$\mu$ : Relación de Poisson      0.28

Es: Módulo de elasticidad      180 (Kg/cm<sup>2</sup>)

Con respecto al esfuerzo y a las dimensiones para el cálculo de asentamiento, éstos corresponden a la capacidad de carga, para estas condiciones, el asentamiento elástico, considerándose zapata rígida con asentamiento inmediato.

Reemplazando valores se obtiene para las calicatas C-1 y C-2:

$$S_i = 0.30 \text{ cm}$$

### 5.8. DETERMINACION DE LA PROFUNDIDA DE LA SOCAVACION

Para determinar la Profundidad de Socavación, se utilizará el método propuesto por L.L. List Van Lebediev que es para cauces naturales definidos.

Este método se basa en la condición: La erosión de fondo se detendrá a una profundidad que cumpla la condición:

$$V_e = V_r$$

Dónde:

$V_e$  = Velocidad erosiva (m/s)

$V_r$  = Velocidad real ( m/s)

Luego, para determinar la profundidad de socavación se utilizaran las siguientes

Formulas:

Para suelos Cohesivos

$$T_s = \left( \frac{a \times t^{5/3}}{0.6 \times \delta^{1.18} \times B} \right)^{\frac{1}{1+x}} \quad F(5.4)$$

Para suelos no cohesivos

$$T_s = \left( \frac{a \times t^{5/3}}{0.68 \times Dm^{0.28} \times B} \right)^{\frac{1}{1+x}} \quad F(5.5)$$

$$a = \frac{Q}{t^{5/3} \times b} \quad F(5.6)$$

Dónde:

$H_s$  = Profundidad de socavación

$\delta$  = Peso específico del suelo seco del lecho (1.8 Tn/m<sup>3</sup>)

$B$  = Coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida

$Q$  = Caudal de diseño (115.48 m<sup>3</sup>/s)

b = Sección de cauce estable (13.5 m)

ts = Tirante que corresponde a la profundidad a evaluar medido desde la superficie del agua (m)

t = Tirante normal (2.41 m)

x = Exponente para material cohesivo que depende del peso específico y para material no cohesivo depende del diámetro característico (0.36).

Dm = Diámetro medio (4 mm)

Reemplazando en F (5.6)

$$a = \frac{115.48}{2.41^{5/3} \times 13.5}$$

$$a = 1.975$$

Reemplazando en la ecuación (5.5)

$$T_s = \left( \frac{1.98 \times 2.40^{5/3}}{0.68 \times 4^{0.28} \times 1.0} \right)^{0.73}$$

$$T_s = 4.77 \text{ m}$$

Luego, la profundidad de socavación será:

$$H_s = t_s - t$$

$$H_s = 4.77 - 2.40$$

$$H_s = 2.37 \text{ m}$$

Se asume  $H_s = 3.00 \text{ m}$

Por lo tanto, se tomará como profundidad de socavación en tramos rectos  $H_s = 3.00 \text{ m}$

## **CAPITULO VI**

### **ESTUDIO DE TRÁFICO**

#### **6.1. OBJETIVO**

El análisis del tráfico, en este proyecto de tesis, tiene por objetivo establecer el Número de repeticiones de Ejes Equivalentes a 8.2 ton (EAL8.2) que circularan por la carretera en proyecto 20 años, con la finalidad de analizar el tráfico.

Para efectos de la evaluación fue necesario contar con información real del tráfico circulante en la referida vía, con tal objetivo se efectúa el censo vehicular tomándose como estación de conteo fue en vía a Charcana

El estudio, a través de los trabajos de campo y gabinete tiene los siguientes alcances:

- A. Determinación del volumen y composición del tráfico (‰ índice Medio Diario Anual)
- B. Identificación de las principales características de los vehículos, usuarios de la vía
- C. Captación de Información complementaria para efectos de las proyecciones de tráfico
- D. Proyecciones de tráfico (Normal, generado y desviado)

De acuerdo a las condiciones geográficas, se concluye para el proyecto de tesis se ha encontrado sub.-sectores con flujo diferenciado.

## 6.2. CONTEO DE TRAFICO

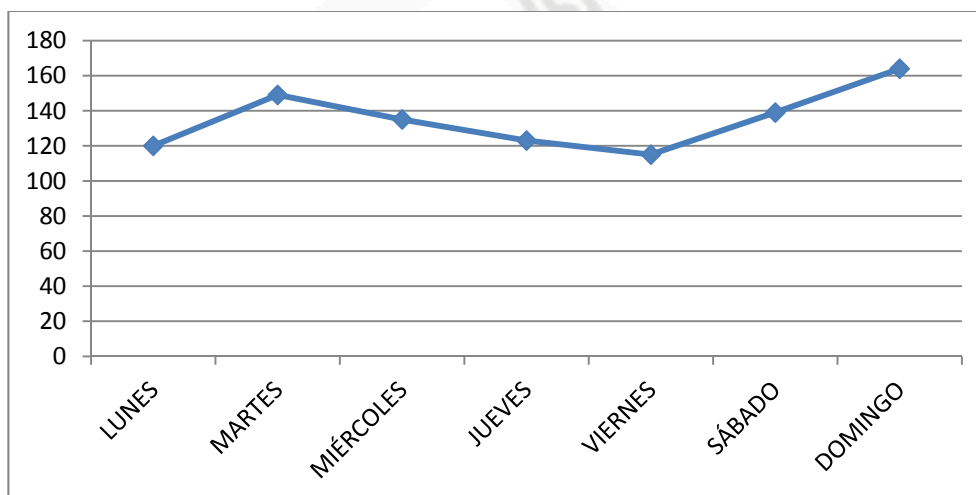
El conteo de tráfico es obtenido en dichos sectores se resume en el siguiente cuadro:

**TABLA N° 6.1**  
**CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR**

DIA	ENTRADAS	SALIDAS	TOTAL	%
LUNES	120	109	229	12.42%
MARTES	149	130	279	15.13%
MIÉRCOLES	135	135	270	14.64%
JUEVES	123	118	241	13.07%
VIERNES	115	115	230	12.47%
SÁBADO	139	140	279	15.13%
DOMINGO	164	152	316	17.14%
<b>TOTAL</b>	<b>945</b>	<b>899</b>	<b>1844</b>	<b>100.00%</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>51.25%</b>	<b>48.75%</b>	<b>100%</b>	

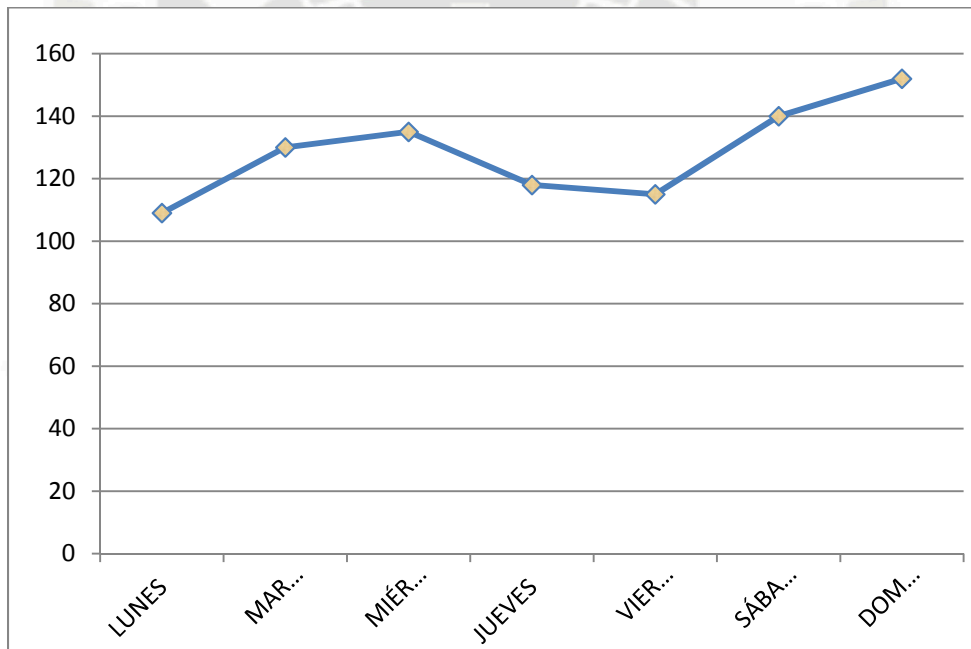
**DIAGRAMA N° 6.1**  
**ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR**

### A) ENTRADA



**DIAGRAMA N° 6.2**  
**ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR**

**B) SALIDA**



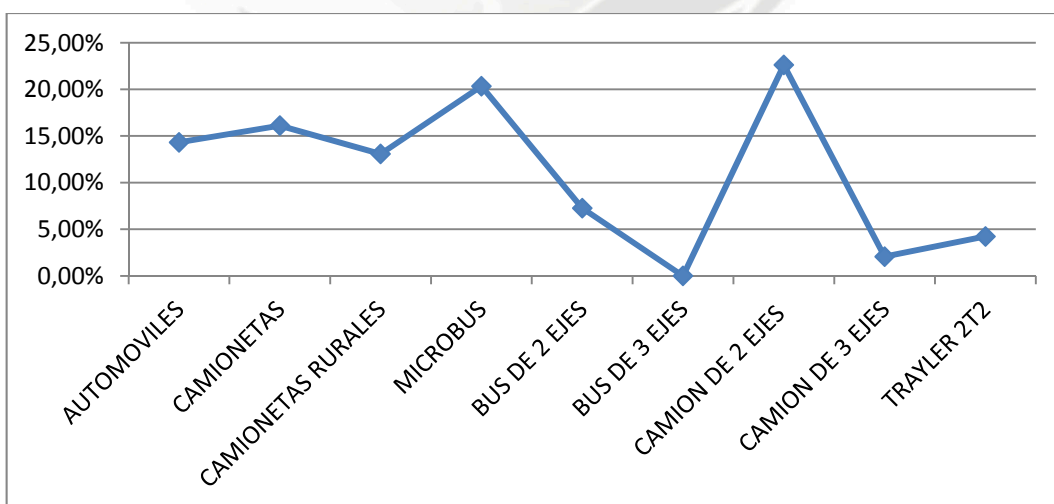
**6.3. CLASIFICACION VEHICULAR**

La clasificación vehicular es obtenida en dichos sectores VER TABLA N°6.2

**TABLA N° 6.2**

TIPO DE VEHICULO	ENTRADA	SALIDA	TOTAL	%
CAMIONETAS	157	140	297	16.11%
CAMIONETAS RURALES	125	116	241	13.07%
MICROBUS	192	183	375	20.34%
BUS DE 2 EJES	71	63	134	7.27%
BUS DE 3 EJES	0	0	0	0.00%
CAMION DE 2 EJES	212	205	417	22.61%
CAMION DE 3 EJES	19	19	38	2.06%
TRAYLER 2T2	39	39	78	4.23%
TOTAL	945	899	1844	100.00%
PORCENTAJE	51.25%	48.75%	100.00%	

**GRAFICO N° 6.3  
CLASIFICACION POR PORCENTAJE**



#### 6.4. CALCULO DEL INDICE MEDIO DIARIO (IMD)

Es el volumen promedio para 24 horas, tomado durante un periodo dado y la formula es como sigue

$$\text{IDM} = \frac{5\text{VDL} + \text{VS} + \text{VD}}{7} * \text{Fc} \quad \text{F(6.1)}$$

DONDE:

- VDL: Volumen promedio de días laborales
- VS: Volumen del día sábado
- VD: Volumen del día domingo
- Fc: Factor de correlación

$$\text{Fc} = 1.0379$$

$$\text{VDM} = 249.8 \frac{\text{VEHIC}}{\text{DIA}}$$

$$\text{VS} = 279$$

$$\text{VD} = 316$$

Reemplazando en F(6.1)

**TABLA N° 6.3**  
**VALORES DE INDICE MEDIO DIARIO POR TIPO DE VEHICULO**

TIPO DE VEHICULO	IDM
AUTOMOVILES	39.08
CAMIONETAS	43.97
CAMIONETAS RURALES	35.68
MICROBUS	55.52
BUS DE 2 EJES	19.84
BUS DE 3 EJES	0.00
CAMION DE 2 EJES	61.74
CAMION DE 3 EJES	5.63
TRAYLER 2T2	11.55
TOTAL	273.00

### 6.5. TRAFICO PROYECTADO

Cálculo de Tasas de Crecimiento y la Proyección es del 10% se puede calcular el crecimiento de tráfico utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1} \quad F(6.2)$$

DONDE:

- T<sub>n</sub>: Transito proyectado al año "n" en veh/día
- T<sub>o</sub>: Transito actual en veh/día
- N: años de periodo de diseño
- I: tasa anual de incremento de tránsito (normalmente entre 2% y 10%)

Reemplazando en f(6.2)

$$t_n = 273(1 + 10\%)^{10-1}$$

$$t_n = 643.7 \text{ vehiculos/día}$$

## CAPITULO VII

### 7. ESTUDIO DE TRAZO Y ACCESO

#### 7.1. DISEÑO GEOMETRICO.

Los vértices (PIS.) de la poligonal definitiva y los principios de curva (PC) o fin (PT) de curva deberán ser referidas a marcas en el terreno; los (PI) se ubicarán fuera del área de las explanaciones y permitirán una fácil ubicación y replanteo.

Para el cálculo de las coordenadas correspondientes a los vértices de la diagonal definitiva, se tomarán como referencia las coordenadas de los hitos geodésicos más cercanos que existan en la zona.

En caso contrario se procederá al cálculo del Azimut por observaciones solares o métodos de similar precisión en los puntos de partida, intermedio y final que permitan el cálculo y determinación de las coordenadas de los vértices.

Todas las obras serán construidas de acuerdo con los trazos, gradientes y dimensiones mostradas en los planos, complementadas o modificados por la En caso de encontrar divergencias entre las condiciones reales del terreno y los datos de los planos,

#### DISEÑO DE CURVA POR ANGULO DE DEFLEXION

PROGRESIVA 0+117+094

$$\varphi = 90 * d / \pi R$$

PC=117.94

PT=132.25

RADIO (R) = 10.62 m

**TABLA N° 7.1**

	<b>DISTANCIA</b>	<b>φ</b>	<b>φ ACUMULADO</b>
115+2.94			
120+00	2.06	5°33'25"	5°33'25"
125+00	5	13°29'16"	19°01'41"
130+00	5	13°29'16"	32°30'57"
130+2.25	2.25	6°4'10"	38°35'07"

PROGRESIVA 0+169+023

PC=169.23

PT=197.40

$$\varphi = 90 * d / \pi R$$

**TABLA N° 7.2**

<b>ESTACION</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>φ</b>	<b>φ ACUMULADO</b>
165+4.23			
170+00	0.77	0°57'58"	0°57'58"
175+00	5	6°16'24"	7°14'24"
180+00	5	6°16'24"	13°30'48"
185+00	5	6°16'24"	19°47'12"
190+00	5	6°16'24"	26°03'36"
195+00	5	6°16'24"	32°20'0"
195+2.40	2.4	3°0'43"	35°20'43"

## 7.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico del proyecto de tesis, donde se determinará el ancho y sección de vía, de acuerdo al proyecto de tesis 8.00m de ancho lo cual deberá de replantearse tal como especifica los planos para ubicar la carretera y el tramo del puente

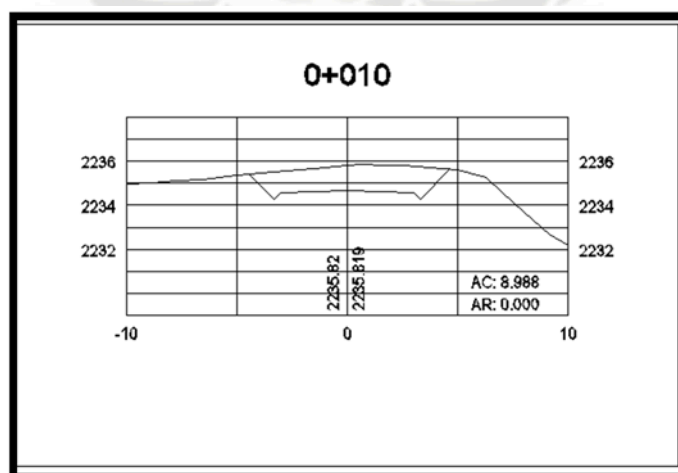
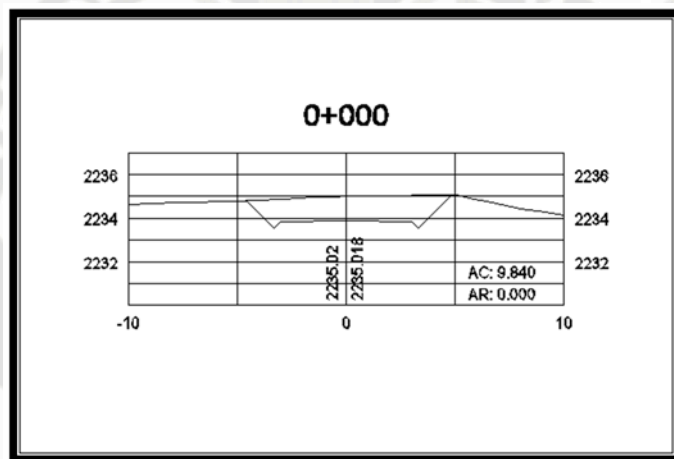
También considera, todos los elementos de curvas, peralte, bombeo, gradientes, rellenos, etc.

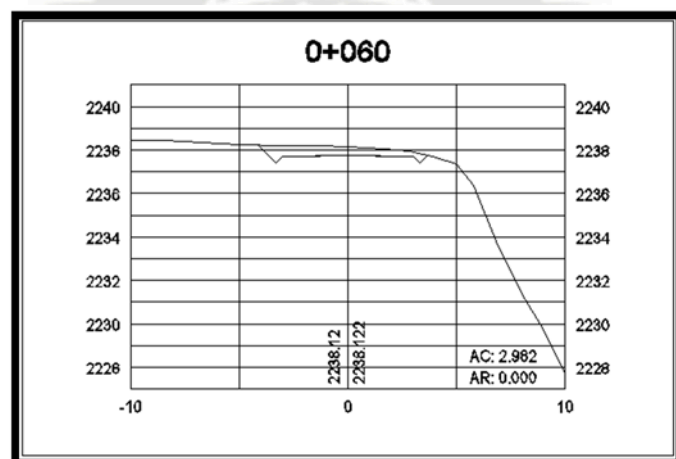
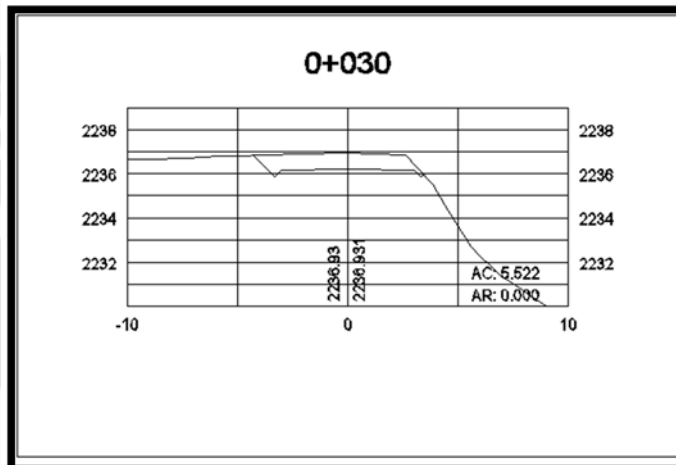
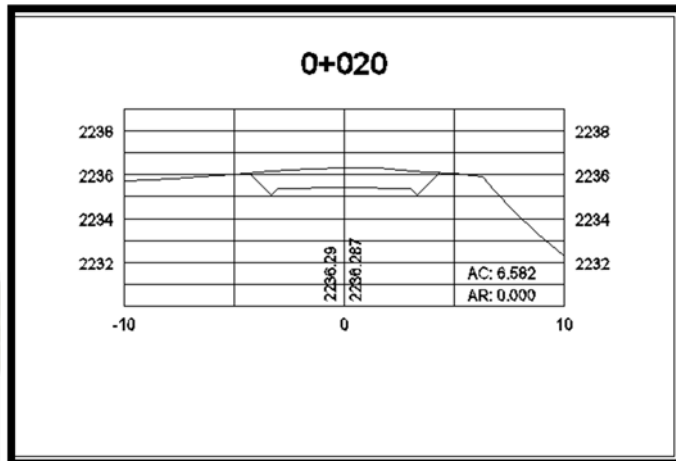
El proyecto de tesis debe ser diseñado manteniendo en lo posible el alineamiento planteado de la carretera, excepto en las zonas o sectores donde se justifique la construcción de cambios o variantes.

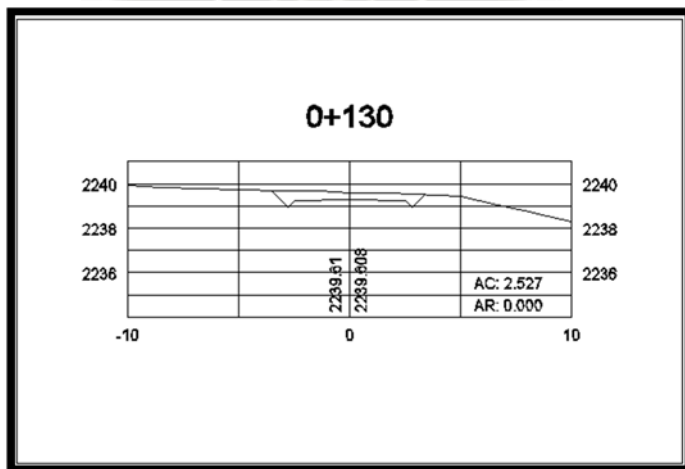
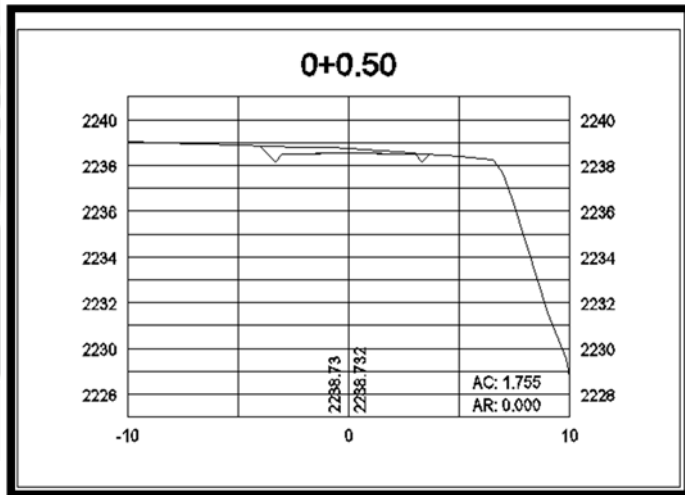
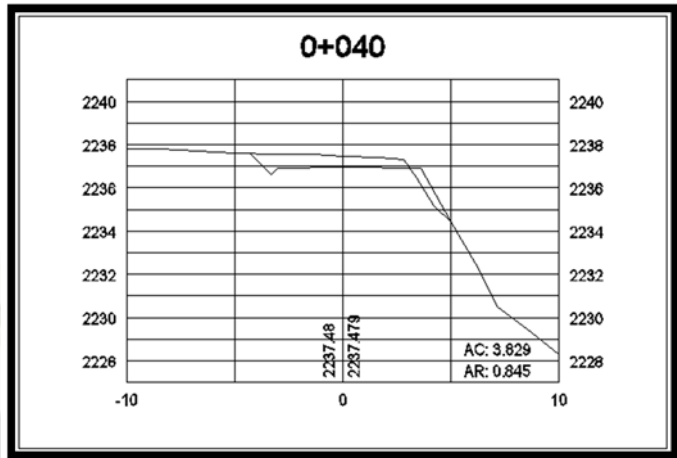
La materialización del eje del trazo vial, estacando el eje en distancias de 20 cm. para tramos en tangente y cada 10 m. para tramos en curva.

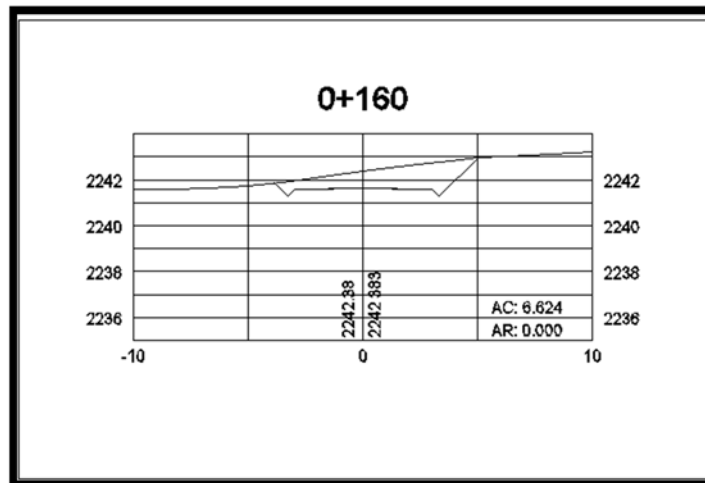
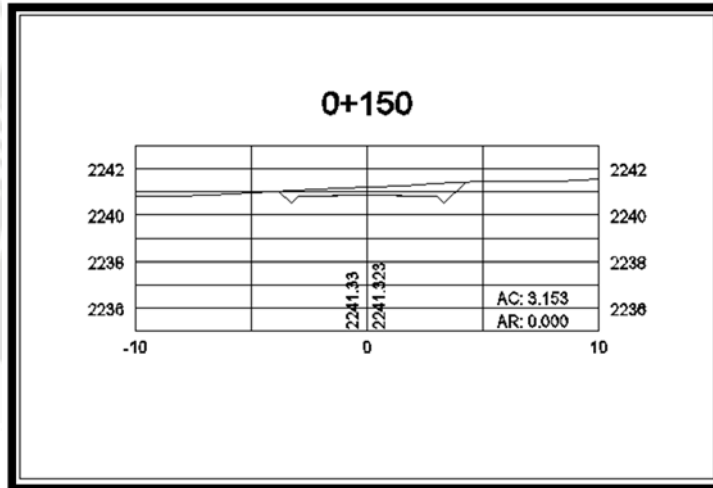
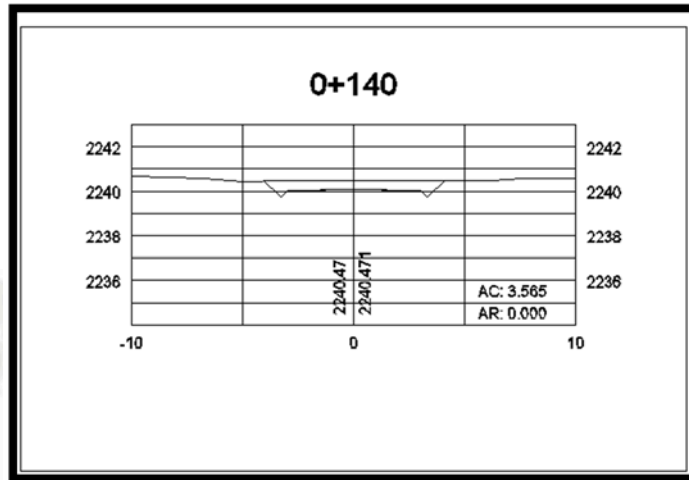
Estas distancias se reducirán en casos de existir variaciones importantes del terreno que sean necesarios mostrar en los planos.

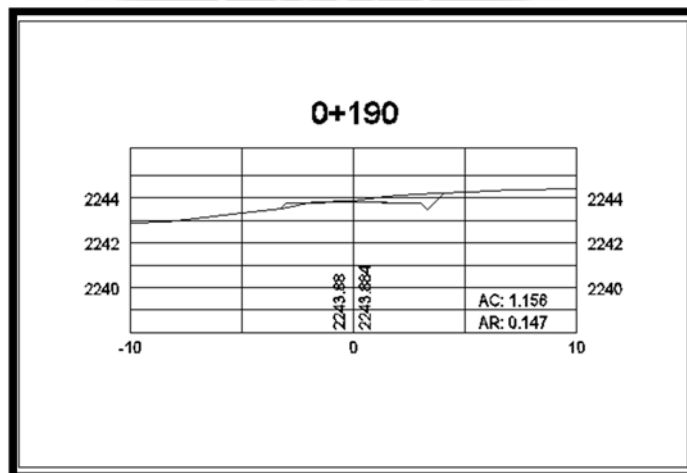
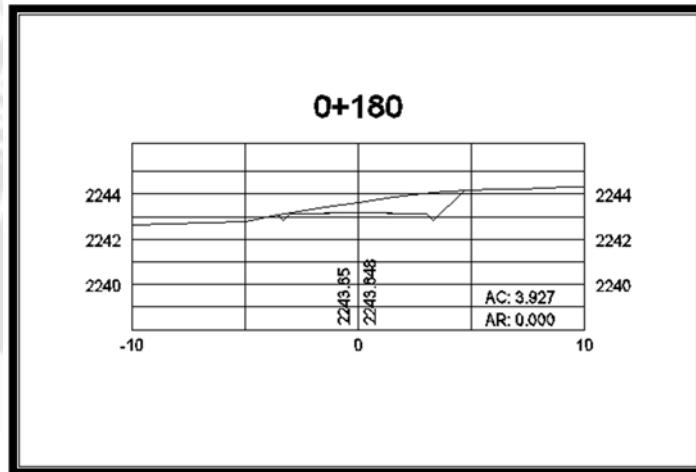
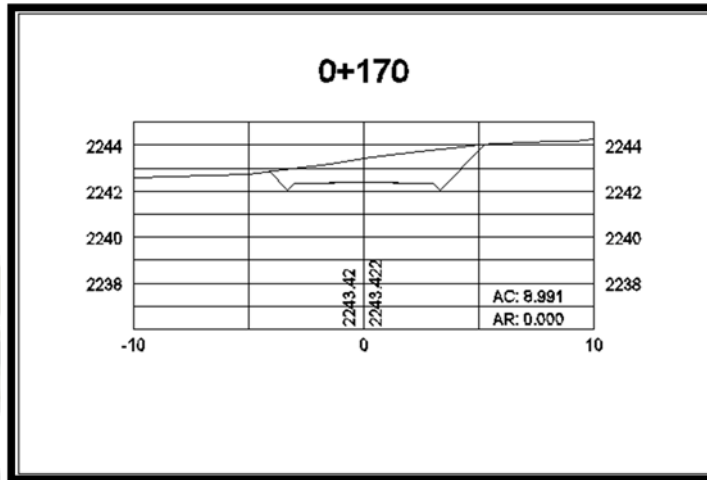
### 7.3. SECCIONES TRASVERSALES











## CAPITULO VIII

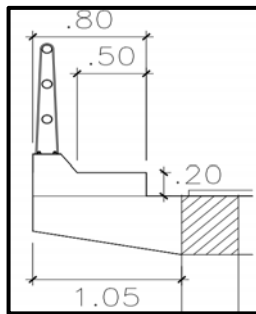
### 8. ANALISIS Y DISEÑO DEL PUENTE

#### 8.1. ANALISIS ESTRUCTURAL

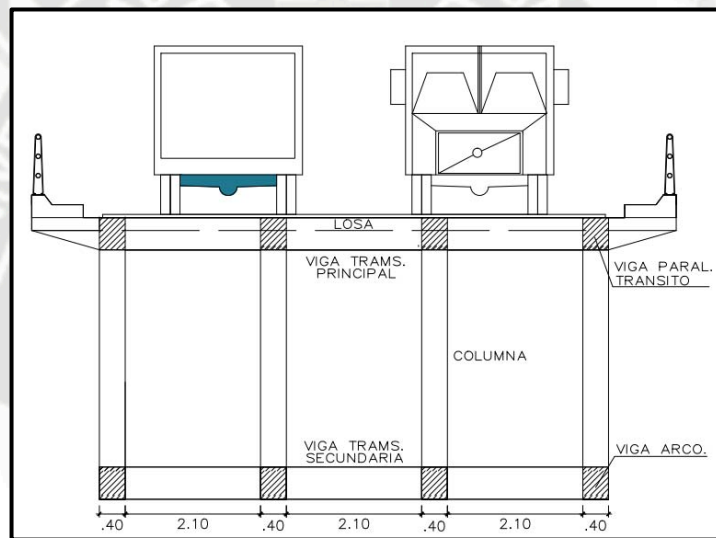
Para el análisis estructural se crearon modelos por elementos finitos usando el módulo de análisis del programa SAP2000. Se muestran los modelos y un resumen de los principales resultados. En el modelo tridimensional se ha considerado elementos tipo vigas, columnas, losa para todos los elementos estructurales.

- La losa de concreto es de 0.20 m de espesor, apoyada sobre una caja de estribos.
- El arco viga tiene una sección de 0.40 m x 0.40 m que va a lo largo de todo el puente.
- La viga paralela al tránsito tiene una sección de 0.40m x0.40m la viga transversal principales tiene una sección de 0.30 m x 0.40m.
- La viga de amarre de las columnas tiene una sección de 0.25m x 0.25m la columna que amarra la viga principal con el arco tiene sección de 0.30m x 0.40m
- La caja de estribos es de 0.25 m de espesor.

**GRAFICO N° 8.1**  
**DIMENSIONES DE LA VEREDA Y BARANDA**



**GRAFICO N° 8.2**  
**SECCION TIPICA**



**A. CARGAS MUERTAS:**

Estructura del puente, veredas, barandas

Dónde:

- Peso específico del concreto: 2.4 tn/m<sup>3</sup> (para determinar peso de la estructura solo es la multiplicación de peso específico y el volumen)
- Peso específico del asfalto: 2.2 tn/m<sup>3</sup>
- Peso de la baranda por m<sup>2</sup>: 0.36 tn/m<sup>2</sup>

Para el análisis del puente (programa sap2000 v14)

- $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Elasticidad concreto =  $15000\sqrt{f_c}$

$$15000 \sqrt{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 250998 \text{ kg/cm}^2$$

- $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

### B. CARGAS MÓVIL:

Camión de diseño y tándem

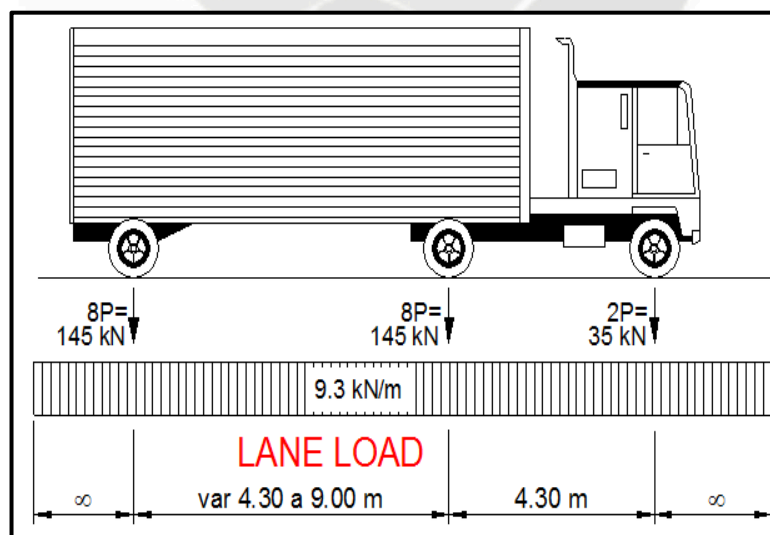
Dónde:

$$145\text{KN} = 14.78 \text{ Tn}$$

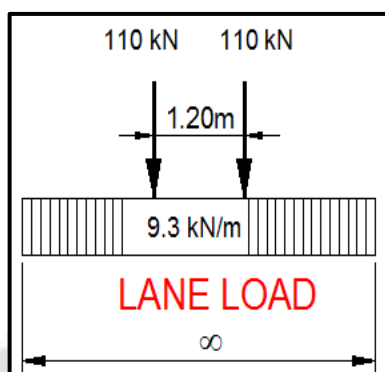
$$35\text{KN} = 3.56 \text{ Tn}$$

$$110\text{Kn} = 11.21 \text{ Tn}$$

**GRAFICO N° 8.3  
CAMION DE DISEÑO**



**GRAFICO N° 8.4  
TANDEM**



El ancho de la calzada GRAFICO N° 7.2 es de 3.90 metros

**Factores de presencia múltiple**

Toman en cuenta la probabilidad de ocurrencia de tener todos los carriles ocupados por cargas vivas vehiculares

**TABLA N° 2.2**

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, <i>m</i>
1	1,20
2	1,00
3	0,85
> 3	0,65

Para nuestro diseño el factor de presencia múltiple es de 1.00

**C. CARGA DE IMPACTO:** la carga de impacto se resumen en este cuadro

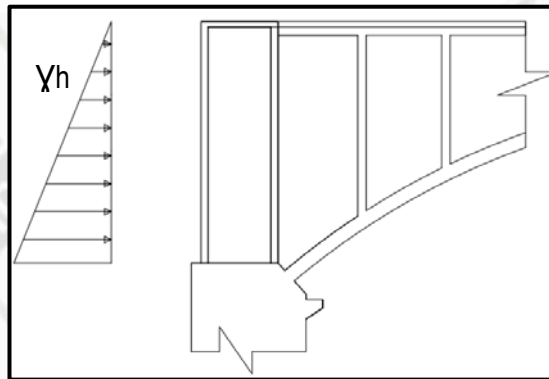
**TABLA N° 2.3**

Componente	Porcentaje
Elementos de unión en el tablero (para todos los estados límite)	75%
Para otros elementos	
• Estados límite de fatiga y fractura	15%
• Otros estados límite	33%

Para el proyecto tesis hemos tomado 33% que se multiplicara con el resultado de momentos de carga móvil **IM = LL \*0.33**

**D. EMPUJE DEL TERRENO:** Se determina con la altura y el peso específico de terreno

**GRAFICO N° 8.5  
EMPUJE EN EL ESTRIBO**



Dónde:

h: altura

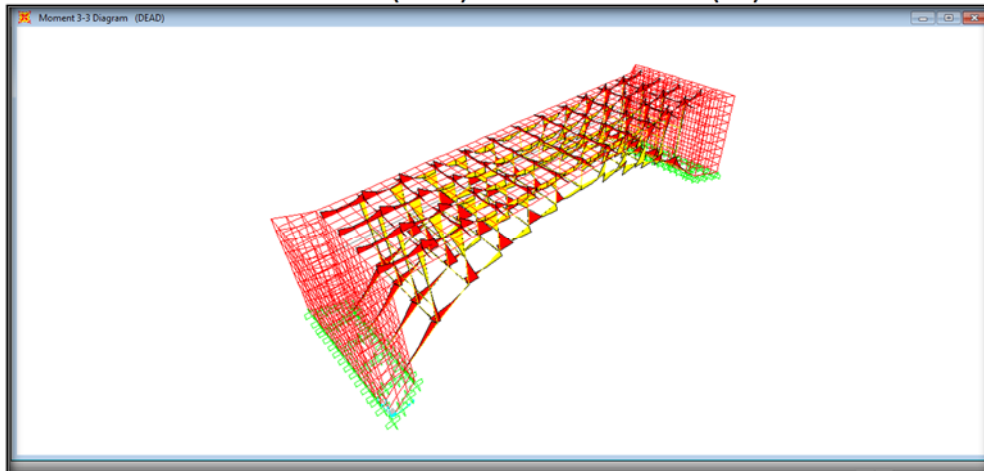
$$\gamma: \text{peso específico del terreno} = 864 \text{ cm} * 1.83 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1581 \text{ gr/cm}^2$$

Para el proyecto de tesis h = 8.04m y  $\gamma = 31.83 \text{ gr/cm}^2$

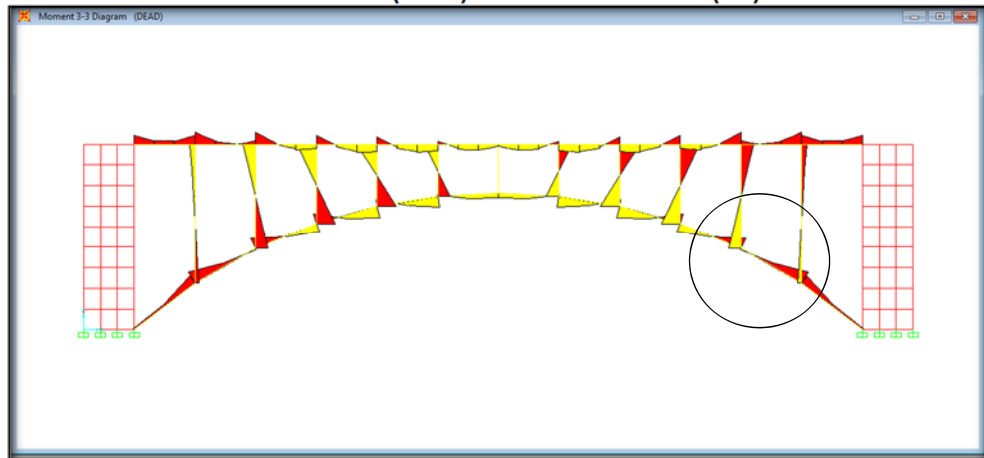
## E. RESULTADOS EN SAP 2000 V14

### E.1 CARGA MUERTA

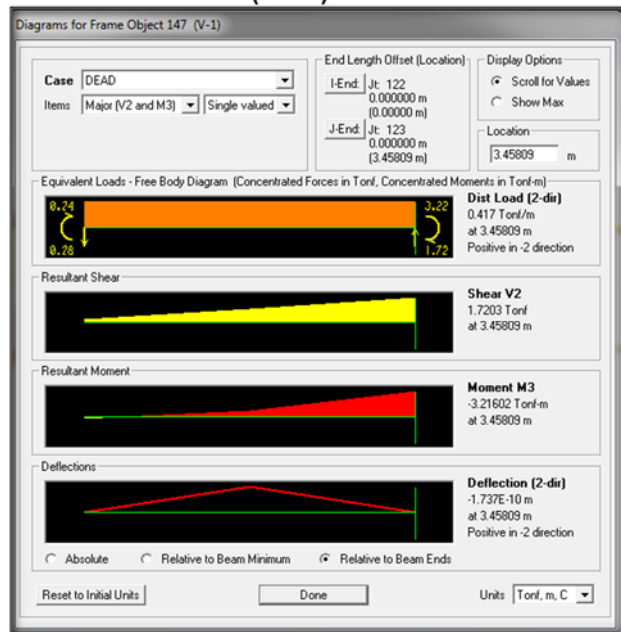
**DIAGRAMA (E.1.1) DE MOMENTO 3-3 (3D)**



**DIAGRAMA (E.1.2) DE MOMENTO 3-3 (XZ)**

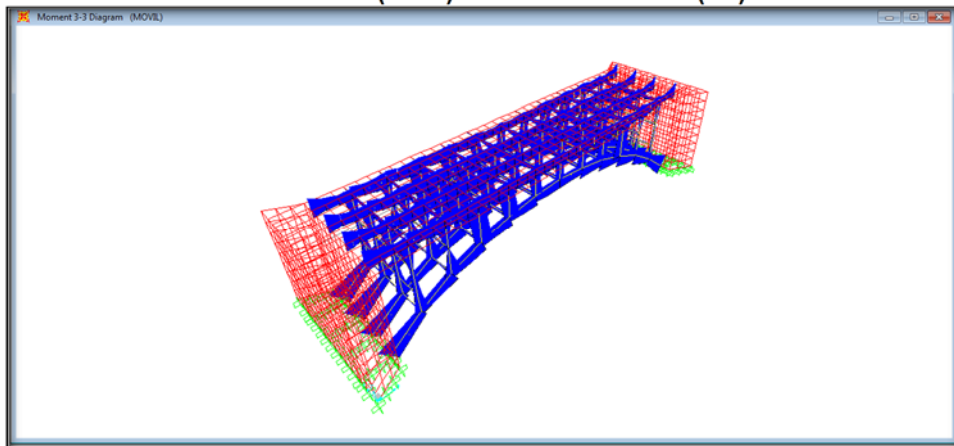


## DIAGRAMA (E.1.3) DE CORTANTES

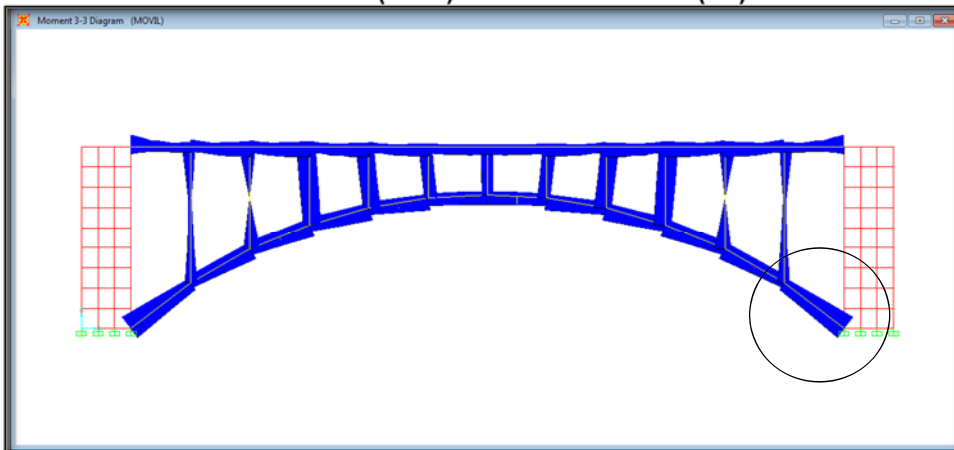


## E.2 CARGA MOVIL (Camión de Diseño + Impacto)

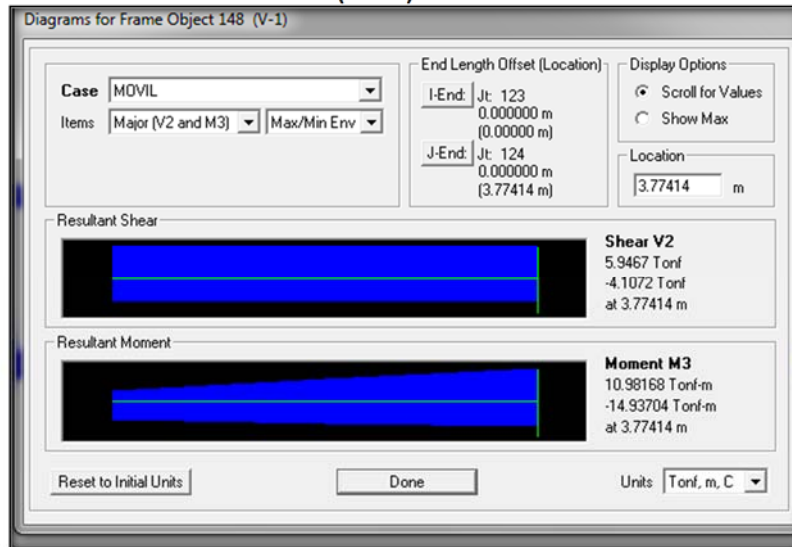
### DIAGRAMA (E.2.1) DE MOMENTO 3-3 (3D)



### DIAGRAMA (E.2.2) DE MOMENTO 3-3 (XZ)



### DIAGRAMA (E.2.3) DE CORTANTES

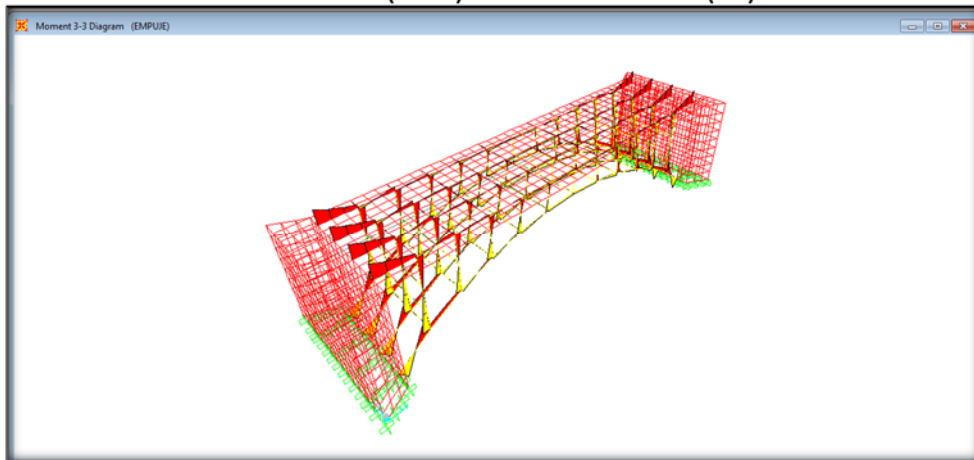


Momento Positivo = 10.98 Tonf-m

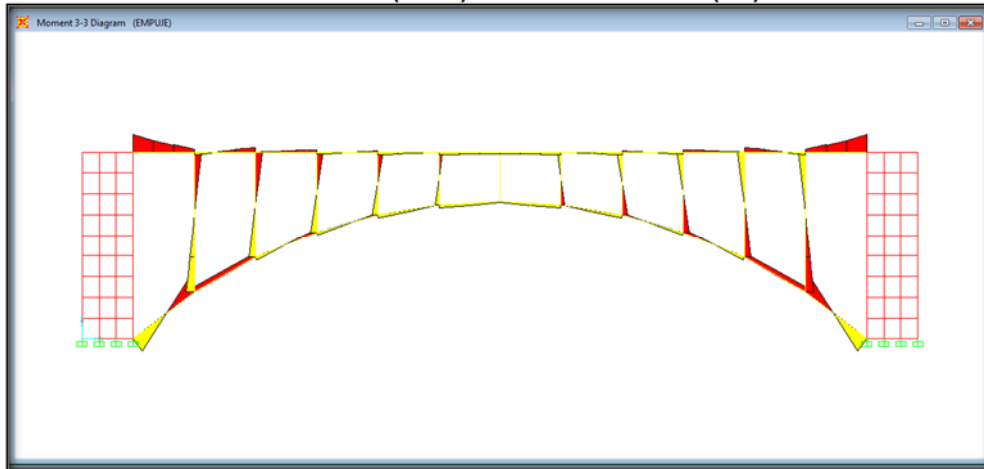
Momento negativo = -14.94 Tonf-m

### E.3 CARGA EMPUJE

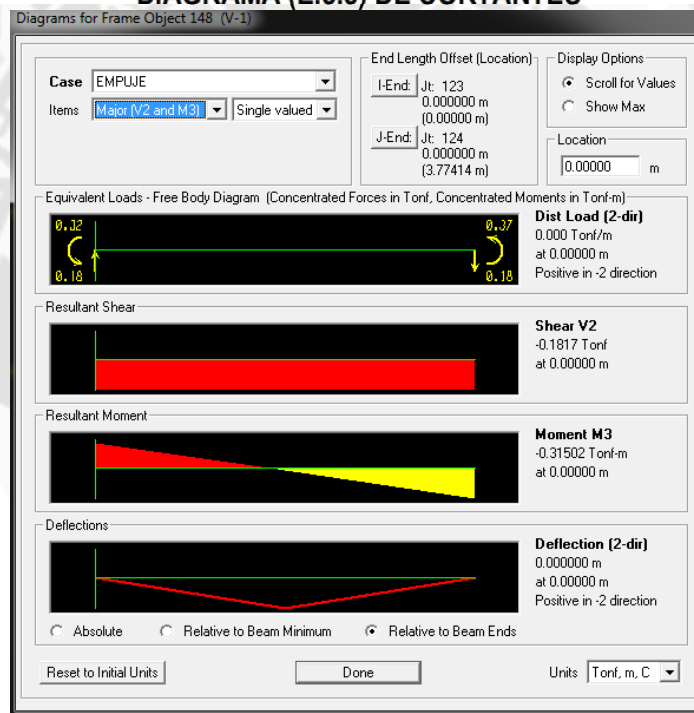
#### DIAGRAMA (E.3.1) DE MOMENTO 3-3 (3D)



### DIAGRAMA (E.3.2) DE MOMENTO 3-3 (XZ)



### DIAGRAMA (E.3.3) DE CORTANTES



## 8.2. ANALISIS SISMICO

El análisis sísmico del puente se ha desarrollado tendido en consideración el Manual de Diseño de Puentes de la dirección General de Caminos y Ferrocarriles Ministerio de Transportes y Comunicaciones y de acuerdo al ASSHTO Guide Specifications For Seismic Design of Highway Briges 1988-2009.

- Según la categorización n de la estructura, el puente se clasifica como puentes esenciales.
- El puente es regular y simétrico, transversal y longitudinalmente, para lo cual según ASSHTO, requiere solo de un análisis espectral unimodal.
- Determinación de la componente fuerza elástica y desplazamientos. El coeficiente de respuesta sísmica se ha determinado mediante la expresión:  $C_s = 1.2 \frac{AS}{13.8} \leq 2.5$  F(7.1)

Donde:

$C_s$  = Coeficiente de Respuesta sísmica

$A$  = Coeficiente de Aceleración de Diseño ( $A = 0.4$ ) TABLA N° 2.5

$S$  =factor de Suelo ( $S = 1.2$ ) TABLA N° 2.6

Es un perfil con arcillas blandas a medianamente rígidas y arenas, caracterizado por 9 m o más de arcillas blandas o medianamente rígidas con sin capas intermedias de arena u otros suelos cohesivos

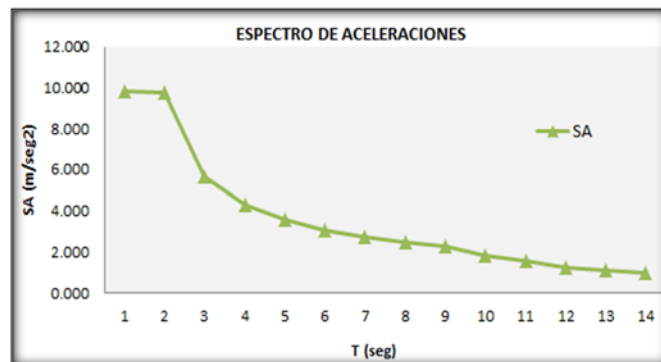
$T$  = periodo de vibración horizontal del puente en la dirección considerada.

$g$  = Gravedad.

**TABLA N° 8.1**

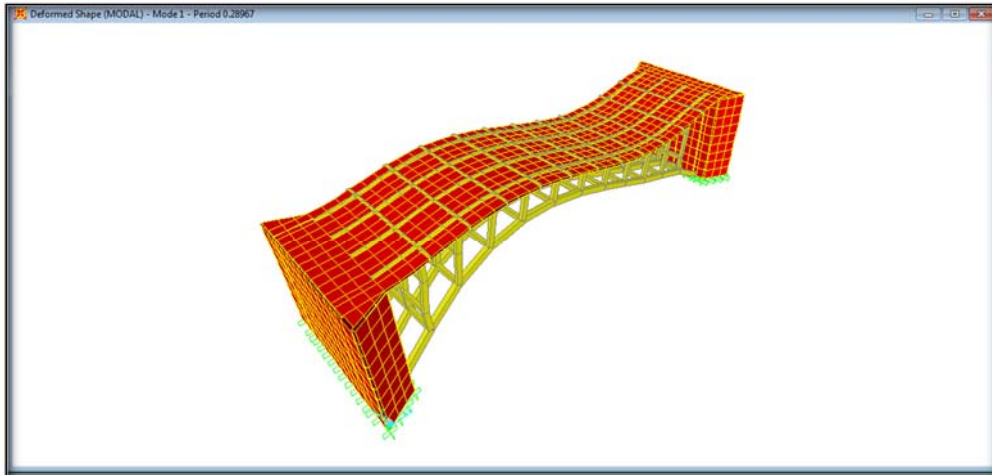
T	CS	SA
0.000	1.000	9.810
0.440	0.996	9.768
1.000	0.576	5.651
1.500	0.440	4.312
2.000	0.363	3.560
2.500	0.313	3.068
3.000	0.277	2.717
3.500	0.250	2.451
4.000	0.229	2.242
5.500	0.185	1.813
7.000	0.157	1.544
9.500	0.128	1.260
12.000	0.110	1.078
14.500	0.097	0.950

**GRAFICO (7.3) DE ESPECTRO DE ACELERACION (TABLA N° 8.1)**

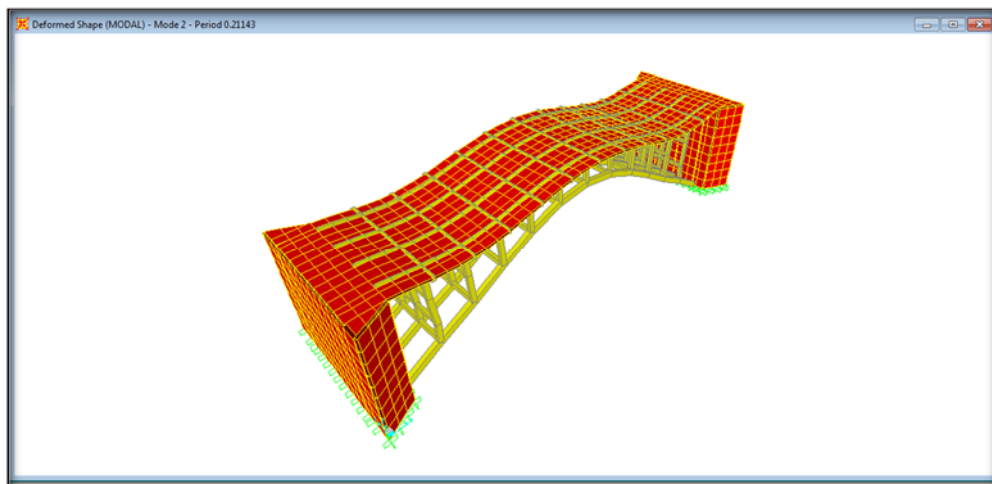


**8.2.1. MODO DE VIBRACION:**

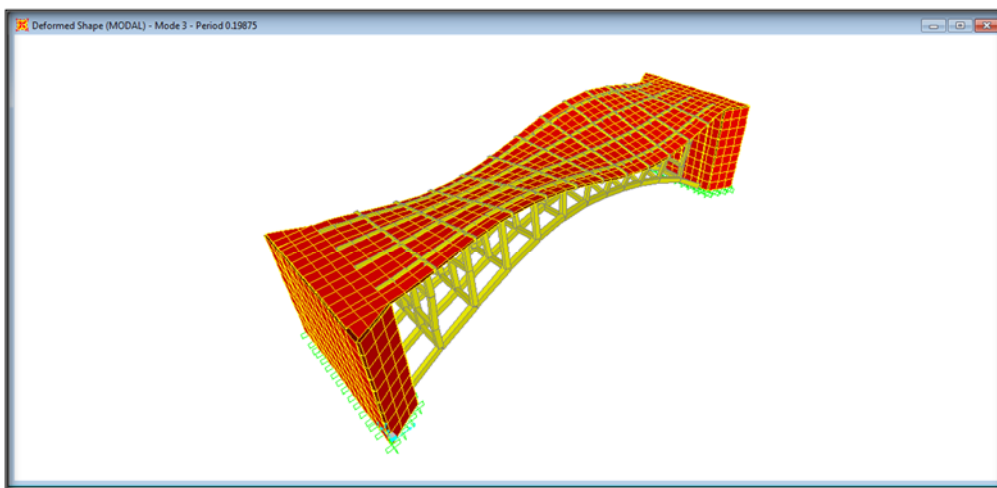
**IMAGEN (8.1) PRIMER MODO DE VIBRACION T= 0.289 seg.**



**IMAGEN (8.2) SEGUNDO MODO DE VIBRACION T= 0.211 seg.**



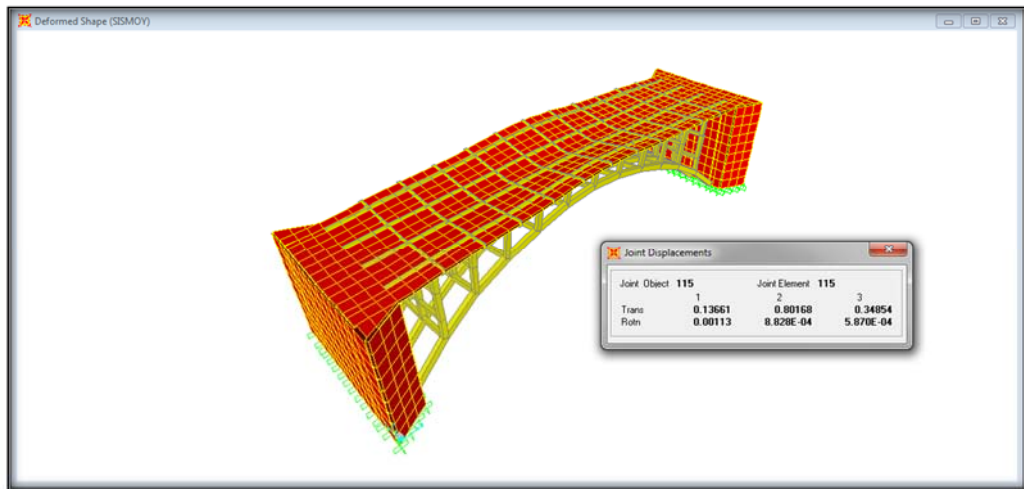
**IMAGEN (8.3) TERCER MODO DE VIBRACION T= 0.198 seg.**



## 8.2.2. DESPLAZAMIENTO

Se ha terminado que los desplazamientos máximos se encuentra cuando el sismo va en la dirección y

IMAGEN (8.4) DESPLAZAMIENTO MAXIMO



Desplazamiento en (x) = -0.136cm

Desplazamiento en (y) = 0.801cm

## 8.3. COMBINACIONES DE CARGAS:

- COMB1 = 1.25\*DC+1.50\*DW+1.75 (IM+LL)
- COMB2 = 1.25\*DC+1.50\*DW+1.35(IM+LL)
- COMB3 = 1.25\*DC+1.50\*DW+EQX+0.3\*EQY
- COMB4 = 1.25\*DC+1.50\*DW+0.3\*EQX+EQY
- COMB5 = 0.9\*DC+1.65\*DW+EQX+0.3EQY
- COMB6 = 0.9\*DC+1.65\*DW+0.3\*EQX+EQY
- COMB7 = 1.25\*DC+1.50\*DW+1.35\*EH+1.75(IM+LL)

### DONDE:

- DC: Carga Muerta
- DW: Carga del Asfalto
- LL: Carga viva vehicular
- EQX: Sismo en X

EQY: Sismo en Y

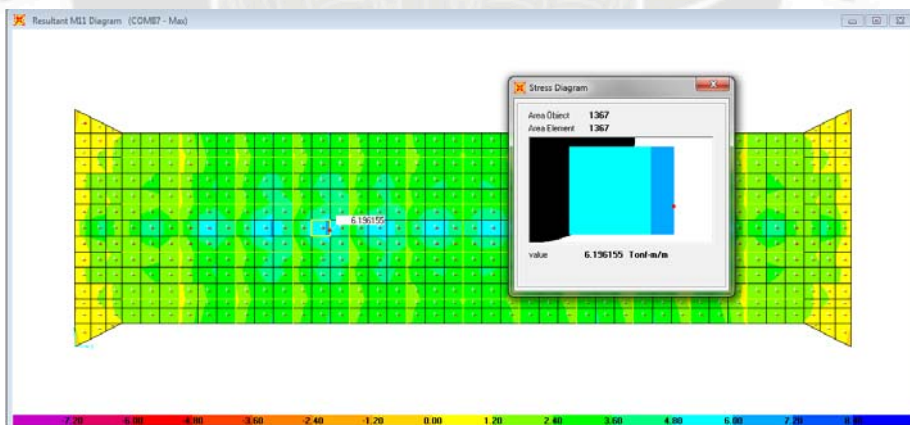
EH: Empuje del terreno

Se determinó que en la **COMB 7** los momentos y esfuerzos son más altos

#### 8.4. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL DEL TABLERO

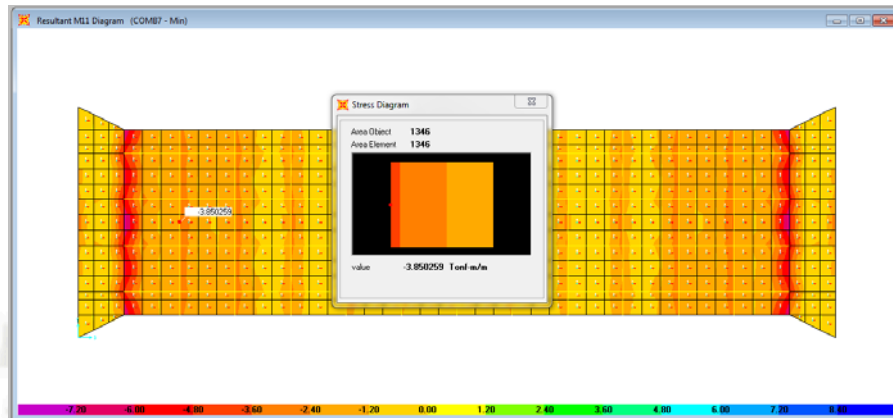
A continuación se presentan el resumen de los resultados del análisis estructural, así como los diagramas de fuerzas y momentos reportados por los módulos de análisis de puentes y de secuencia de construcción del programa SAP2000.

##### DIAGRAMA DE COLORES (8.1) Momentos Positivos Paralelo al Tránsito (COMB7)



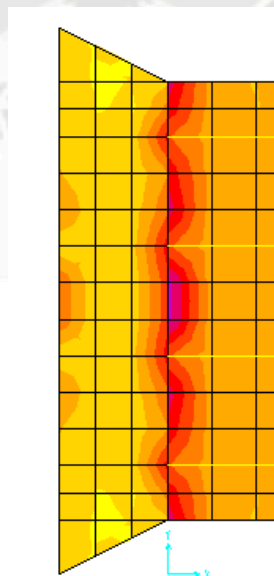
**Mu= 6.19 Tn-m/m**

**DIAGRAMA DE COLORES (8.2)**  
**Momentos negativos Paralelo al Tránsito (COMB7)**



**Mu= -3.85 Tn-m/m**

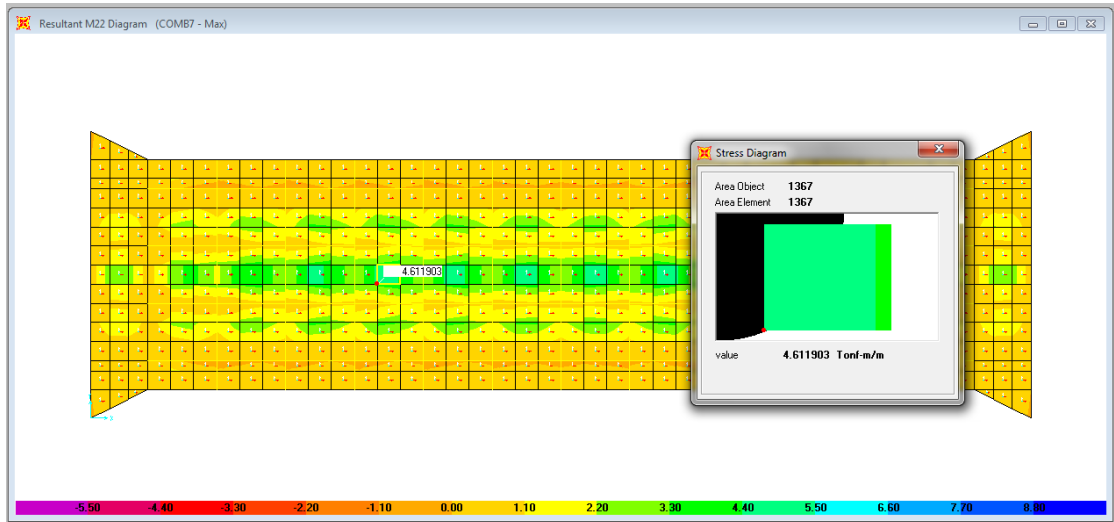
**DIAGRAMA DE COLORES (8.3)**  
**Momentos Negativos Paralelo a la Tránsito de Carga COMB7**  
**(Tablero superior)**



**Mu= -7.61 Tn-m/m (En puntos más críticos)**

**DIAGRAMA DE COLORES (8.4)**

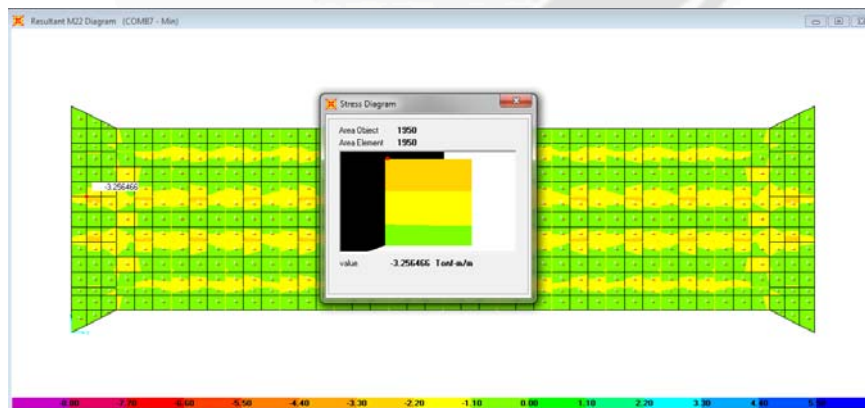
**Diagrama de Momentos Positivo Transversal al Tránsito de Carga COMB7  
(Tablero superior)**



**Mu= 4.61 Tn-m/m**

**DIAGRAMA DE COLORES (8.5)**

**Diagrama de Momentos Negativo Transversal al Tránsito de Carga COMB7  
(Tablero superior)**



**Mu= - 3.26 Tn-m/m**

**8.5. DISEÑO DEL TABLERO:**

**8.5.1. ACERO NEGATIVO:**

**8.5.1.1. PARALELO AL TRÁFICO:**

$Mu = -3.85 \text{ Tn -m /m Diagrama de Colores (8.2)}$

$b = 100 \text{ cm} \quad h = 20 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 14 \text{ cm}$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |Mu|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * |-3.85|}{0.90 * 0.85 * 280 * 100}}$$

$$a = 1.35$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As = \frac{|-3.85|}{0.90 * 4200 * \left(14 - \frac{1.35}{2}\right)}$$

$$As = 7.6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar acero de 5/8" a 0.25 m

#### 8.5.1.2. PARALELO AL TRÁFICO (Punto Críticos "Refuerzos"):

$Mu = -7.61 \text{ Tn -m /m Diagrama de Colores (8.3)}$

$b = 100 \text{ cm} \quad h = 20 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 14 \text{ cm}$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |Mu|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * |-7.61|}{0.90 * 0.85 * 280 * 100}}$$

$$a = 2.82$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As = \frac{|-7.61|}{0.90 * 4200 * \left(14 - \frac{2.82}{2}\right)}$$

$$A_s = 16 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Nota: si tenemos acero de 5/8" a 0.25m entonces

$$A_{s1} = A_s (\text{critico}) - A_s (\text{a utilizar})$$

$$A_{s1} = 16 - 7.6$$

$$A_{s1} = 8.4 \text{ cm}^2$$

Usar acero de 5/8" a 0.25m

### 8.5.1.3. TRANSVERSAL AL TRÁFICO

$$M_u = -3.26 \text{ Tn} \cdot \text{m} / \text{m} \text{ Diagrama de Colores (8.5)}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = 20 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 15 \text{ cm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |M_u|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * |-3.26|}{0.90 * 0.85 * 280 * 100}}$$

$$a = 1.13$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{|-7.61|}{0.90 * 4200 * \left(14 - \frac{1.13}{2}\right)}$$

$$A_s = 6.4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar acero de 1/2" a 0.20 m

### 8.5.2. ACERO POSITIVO:

#### 8.5.2.1. PARALELO AL TRÁFICO:

$$M_u = 6.19 \text{ Tn} \cdot \text{m} / \text{m} \text{ Diagrama de Colores (8.1)}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = 20 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 14 \text{ cm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |Mu|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * |6.19|}{0.90 * 0.85 * 280 * 100}}$$

$$a = 2.24$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As = \frac{|6.19|}{0.90 * 4200 * \left(14 - \frac{2.24}{2}\right)}$$

$$As = 12.7 \text{ cm}^2$$

Usar acero de 3/4" a 0.20 m

### 8.5.2.2. TRANSVERSAL AL TRÁFICO:

Mu = 4.61 Tn -m /m Diagrama de Colores (8.4)

b = 100 cm h = 20 cm f<sub>c</sub> = 280 kg/cm<sup>2</sup> f<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup> d = 15 cm

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |Mu|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * |4.61|}{0.90 * 0.85 * 280 * 100}}$$

$$a = 1.63$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As = \frac{|6.19|}{0.90 * 4200 * \left(14 - \frac{1.63}{2}\right)}$$

As =9.3 cm<sup>2</sup>

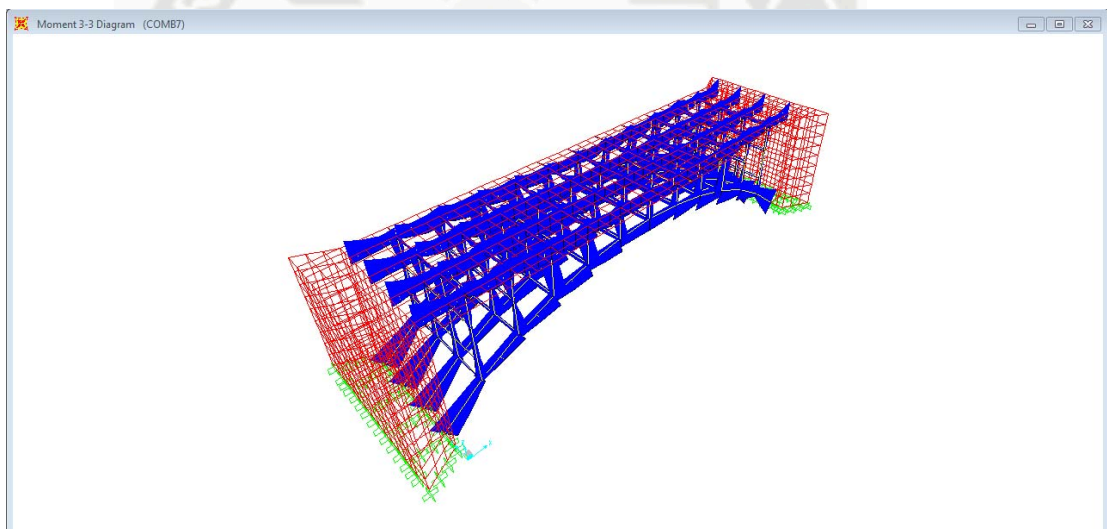
Usar acero de 5/8" a 0.20m

## 8.6. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL VIGAS Y COLUMNAS

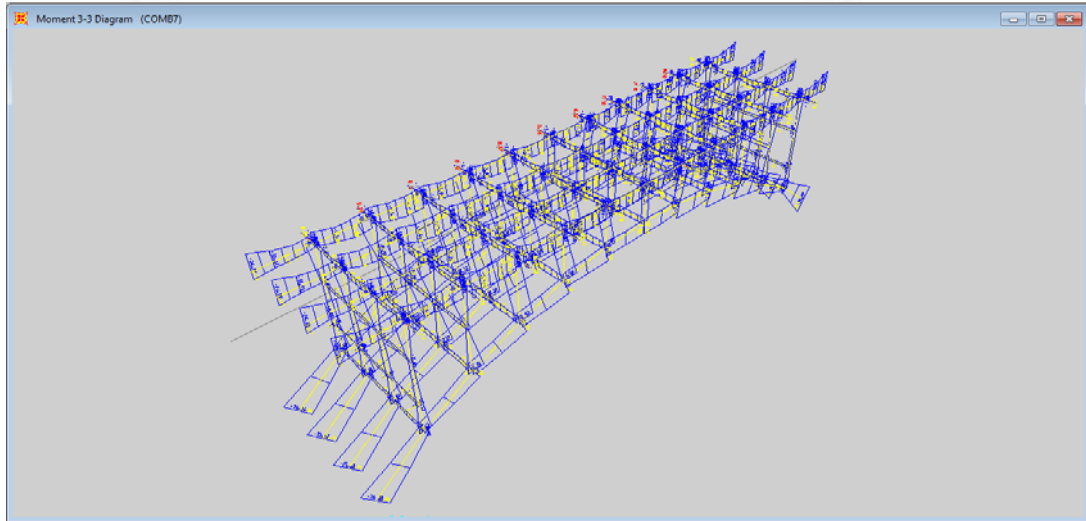
A continuación se presentan el resumen de los resultados del análisis estructural, así como los diagramas de fuerzas y momentos reportados por los módulos de análisis de puentes y de secuencia de construcción del programa SAP2000.

### 8.6.1. DIAGRAMA DE MOMENTOS (COMB7)

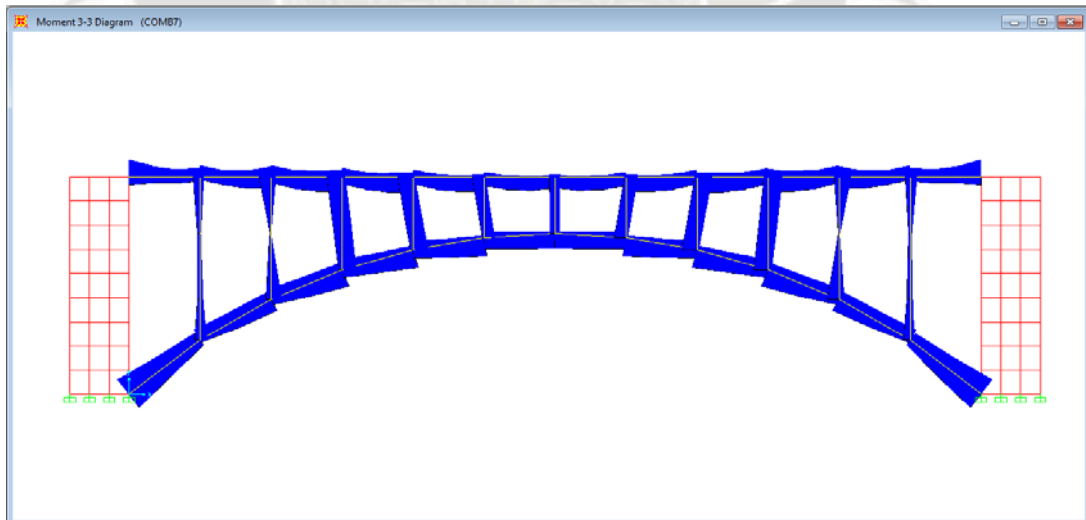
DIAGRAMA (8.6) EN 3D



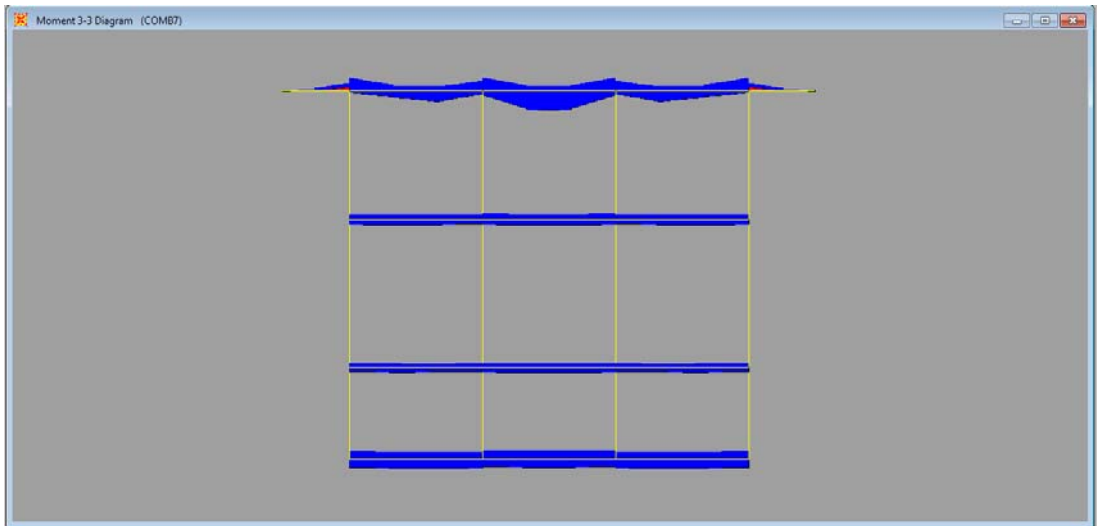
**DIAGRAMA (8.7) EN 3D**



**DIAGRAMA (8.8) EN XZ**

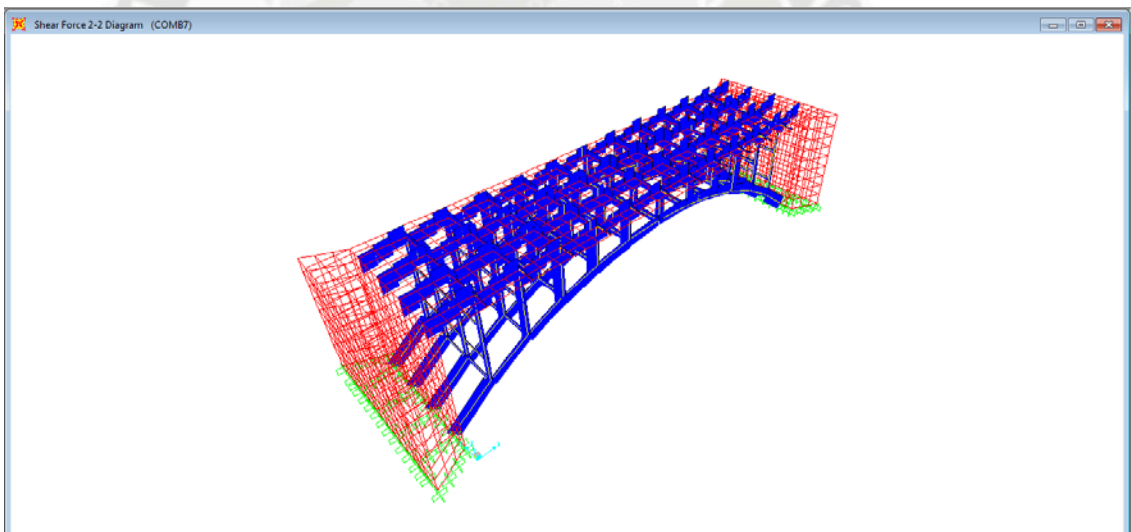


**DIAGRAMA (8.9) EN YZ**

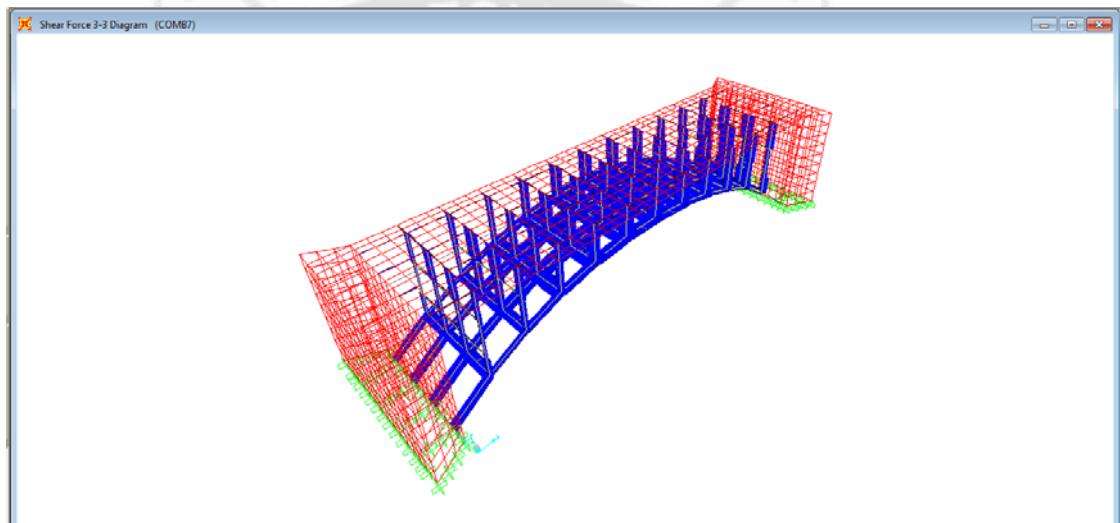


### 8.6.2. DIAGRAMA DE CORTANTES POR CARGA DE COMB7

#### DIAGRAMA (9.10) DE CORTANTES EN 2-2



### DIAGRAMA (9.11) DE CORTANTES EN 3-3



## RESUMEN DE MOMENTOS Y CORTANTES

**TABLA 8.6.1**

VIGA - ARCO		<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf	Tonf-m
	MAX=	-83.02	13.79	4.48	2.60	6.91	26.67	13.79	26.67
	MIN=	-233.38	-13.79	-4.48	-2.60	-6.91	-25.74	-13.79	-25.74

**TABLA 8.6.2**

VIGA PARALELA AL TRANSITO		<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf	Tonf-m
	MAX=	-8.61	19.67	0.45	3.84	0.31	20.62	19.67	20.62
	MIN=	-25.06	-19.67	-0.45	-3.84	-0.31	-24.70	-19.67	-24.70

**TABLA 8.6.3**

VIGA PRINCIPAL TRANSVERSAL		<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf	Tonf-m
	MAX=	4.57	14.85	0.51	4.76	0.28	11.74	14.85	11.74
	MIN=	0.39	-14.85	-0.51	-4.76	-0.28	-7.30	-14.85	-7.30

**TABLA 8.6.4**

VIGA SECUNDARIA 1 TRANSVERSAL		P	V2	V3	T	M2	M3	V	M
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf	Tonf-m
	MAX=	5.50	4.28	5.01	1.01	6.26	4.87	5.01	6.26
	MIN=	-4.60	-4.28	-5.01	-1.01	-6.26	-4.75	-5.01	-6.26

**TABLA 8.6.5**

VIGA SECUNDARIA 2 TRANSVERSAL		P	V2	V3	T	M2	M3	V	M
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf	Tonf-m
	MAX=	2.15	2.37	0.31	0.33	0.48	2.65	2.37	2.65
	MIN=	-2.71	-2.37	-0.31	-0.33	-0.48	-2.70	-2.37	-2.70

**TABLA 8.6.6**

VIGA VOLADIZO		P	V2	V3	T	M2	M3	V	M
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf	Tonf-m
	MAX=	2.45	4.40	0.60	1.17	0.22	0.22	4.40	0.22
	MIN=	0.69	-4.40	-0.60	-1.17	-0.22	-3.07	-4.40	-3.07

**TABLA 8.6.7**

COLUMNA		P	V2	V3	T	M2	M3	V	M
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf	Tonf-m
	MAX=	-6.99	18.22	3.45	0.49	4.69	28.76	18.22	28.76
	MIN=	-35.32	-18.22	-3.45	-0.49	-4.69	-28.76	-18.22	-28.76

## A. FORMULAS PARA EL CALCULO DE ACERO

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2} \quad F(8.1)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c} \quad F(8.2)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right] \quad F(8.3)$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b} \quad F(8.4)$$

$$A_s = \rho * b * d \quad F(8.5)$$

Notas:

$$c = \frac{a}{\beta} \quad F(8.6)$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42 \quad \text{OK}$$

$$a < 0.20 \text{ m} \quad \text{OK}$$

## B. FORMULAS PARA EL CÁLCULO DE CORTANTES (ESTRIBOS)

### Verificación de dimensiones

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud} \quad \text{es correcto}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d < v_{ud} \quad \text{modificar dimension}$$

### Diseño de cortante

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} * b_w * d \quad F(8.7)$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad F(8.8)$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} \quad F(8.9)$$

## Espaciamiento máximo

Si

$$v = \phi * 1.10 * \sqrt{f_c} * b * d < v_{ud}$$

$$S = \frac{d}{4}$$

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

$$v = \phi * 1.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud}$$

$$S = \frac{d}{2}$$

$$S = 60\text{cm}$$

## 8.7. DISEÑO DE ACERO DE VIGAS Y COLUMNA

### 8.7.1. DISEÑO DE ACERO VIGA ARCO

#### 8.7.1.1. ACERO POSITIVO

$$M_u = 26.18 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.1)}$$

$$b = 40 \text{ cm} \quad h = 40 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 34 \text{ cm} \quad r = 6 \text{ cm}$$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{26.67 * 100000}{0.90 * 40 * 34^2} = 46.30$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 46.30}{4200}} \right] = 0.0124$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0124 * 40 * 34$$

$$A_s = 16.86 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{13.68 * 4200}{0.85 * 280 * 40} = 7.43 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{6}{0.85} = 8.74$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.26 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$8.74 < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 6  $\phi$  3/4"

#### 8.7.1.2. ACERO NEGATIVO

Mu = - 25.74Tn-m (Tabla 8.6.1)

b = 40 cm   h = 40 cm   f<sub>c</sub> = 280 kg/cm<sup>2</sup>   f<sub>y</sub> = 4200 kg/cm   r = 6 cm   d = 34 cm

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{25.74 * 100000}{0.90 * 40 * 34^2} = 44.69$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 44.69}{4200}} \right] = 0.012$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0073 * 40 * 45$$

$$A_s = 13.14 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{13.68 * 4200}{0.85 * 280 * 40} = 7.13 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{7.13}{0.85} = 8.39$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.25 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$7.13 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 6  $\phi$  3/4"

### 8.7.1.3. DISEÑO DE CORTANTE

$$V_u = 13.79 \text{ Tn (Tabla 8.6.1)}$$

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

$$d = 34 \text{ cm}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud} \quad \text{es correcto}$$

$$v = 0.85 * 2.10 * \sqrt{280} * 40 * 45 > 13.79$$

$$v = 40.62 > 13.79 \quad \text{es correcto}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c * b * d}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{280} * 40 * 34 = 12.06 \text{ Tn}$$

#### Espaciamiento máximo

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{13.79}{0.85} - 12.06 = 4.16 \text{ Tn}$$

$$A_v = 2 * \text{area del acero a utilizar (2* } \phi \text{ 3/8)}$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$$S = \frac{2 * 0.71 * 4200 * 34}{4.16}$$

$$S = 48.7 \text{ cm}$$

Usar :  $\phi$  3/8" @ 45cm

## 8.7.2. DISEÑO DE ACERO VIGA PARALELA AL TRANSITO

### 8.7.2.1. ACERO POSITIVO:

$$M_u = 20.62 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.2)}$$

$$b = 40 \text{ cm} \quad h = 40 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad r = 34 \text{ cm} \quad d = 34 \text{ cm}$$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{20.62 * 100000}{0.90 * 40 * 34^2} = 35.80$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 35.80}{4200}} \right] = 0.0093$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0093 * 40 * 34$$

$$A_s = 12.64 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{12.64 * 4200}{0.85 * 280 * 40} = 5.57 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{5.57}{0.85} = 6.55$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.19 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$5.57 < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero:  $4\phi 5/8 + 2\phi 3/4$ "

### 8.7.2.2. ACERO NEGATIVO

$$Mu = -24.70 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.2)}$$

$$b = 40 \text{ cm} \quad h = 40 \text{ cm} \quad fc = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad fy = 4200 \text{ kg/cm} \quad r = 34 \text{ cm} \quad d = 34 \text{ cm}$$

$$Ku = \frac{Mu}{\phi * b * d^2}$$

$$Ku = \frac{24.70 * 100000}{0.90 * 40 * 34^2} = 42.88$$

$$m = \frac{fy}{0.85 * fc}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * Ku}{fy}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 42.88}{4200}} \right] = 0.011$$

$$As = \rho * b * d$$

$$As = 0.0113 * 40 * 34$$

$$As = 15.36 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

$$a = \frac{14.96 * 4200}{0.85 * 280 * 40} = 6.81 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{6.81}{0.85} = 8.01$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.24 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$8.01 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero:  $2 \phi 5/8'' + 4 \phi 3/4''$

### 8.7.2.3. DISEÑO DE CORTANTE

$$V_u = 19.67 \text{ Tn (Tabla 8.6.2)}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$d = 34 \text{ cm}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud}$$

$$v = 0.85 * 2.10 * \sqrt{280} * 40 * 34 > 13.79$$

$$v = 40.62 > 13.79 \quad \text{es correcto}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{280} * 40 * 34 = 12.06 \text{ Tn}$$

### Espaciamiento máximo

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} \quad V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{19.67}{0.85} - 12.06 = 11.08$$

$A_v = 2 * \text{area del acero a utilizar } (2 * \phi 1/2)$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$$S = \frac{2 * 1.29 * 4200 * 45}{11.08}$$

$$S = 33.3 \text{ cm}$$

Usar :  $\phi 1/2'' @ 0.30\text{m}$

### 8.7.3. DISEÑO DE ACERO VIGA TRANSVERSAL PRINCIPAL AL TRANSITO

#### 8.7.3.1. ACERO POSITIVO:

$M_u = 11.74 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.3)}$

$b = 30 \text{ cm}$   $h = 40 \text{ cm}$   $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   $r = 6 \text{ cm}$   $d = 34 \text{ cm}$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{11.74 * 100000}{0.90 * 30 * 34^2} = 27.18$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 27.18}{4200}} \right] = 0.0069$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0069 * 30 * 34$$

$$A_s = 7.03 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{5.76 * 4200}{0.85 * 280 * 30} = 4.13 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{4.13}{0.85} = 4.86 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.14 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$4.86 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 1  $\phi$  5/8" + 2  $\phi$  3/4"

### 8.7.3.2. ACERO NEGATIVO

$M_u = -7.30 \text{ Tn-m}$  (Tabla 8.6.3)

$b = 30 \text{ cm}$     $h = 40 \text{ cm}$     $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$     $f_y = 4200 \text{ kg/cm}$     $r = 6 \text{ cm}$     $d = 45 \text{ cm}$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{7.30 * 100000}{0.90 * 30 * 34^2} = 16.90$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 16.90}{4200}} \right] = 0.0042$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0042 * 30 * 34$$

$$A_s = 4.28 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{3.6 * 4200}{0.85 * 280 * 30} = 2.51 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{2.51}{0.85} = 2.95$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.09 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$2.51 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 2  $\phi$  3/4"

### 8.7.3.3. DISEÑO DE CORTANTE

$$V_u = 14.85 \text{ Tn (Tabla 8.6.3)}$$

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

$$d = 34 \text{ cm}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud}$$

$$v = 0.85 * 2.10 * \sqrt{280} * 30 * 34 > 13.79$$

$$v = 30.47 \text{ Tn} > 13.79 \text{ Tn} \quad \text{es correcto}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c * b_w * d}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{280} * 30 * 34 = 9.05 \text{ Tn}$$

**Espaciamiento máximo**

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{14.85}{0.85} - 9.05 = 8.42$$

$$A_v = 2 * \text{area del acero a utilizar (2} * \phi \text{ 3/8)}$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$$S = \frac{2 * 0.71 * 4200 * 45}{8.42}$$

$$S = 24.1 \text{ cm}$$

Usar :  $\phi \text{ 3/8" @ } 0.20\text{m}$

#### 8.7.4. DISEÑO DE ACERO VIGA TRANSVERSAL SECUNDARIA 1 AL TRANSITO

##### 8.7.4.1. ACERO POSITIVO:

$$M_u = 6.26 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.4)}$$

$$b = 25 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad r = 6 \text{ cm} \quad d = 19 \text{ cm}$$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{6.26 * 100000}{0.90 * 25 * 19^2} = 44.52$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 44.52}{4200}} \right] = 0.0118$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0118 * 25 * 19$$

$$A_s = 5.62 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{5.62 * 4200}{0.85 * 280 * 25} = 3.97 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{3.97}{0.85} = 4.67 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.25 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$3.97 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 2  $\phi$  3/4"

#### 8.7.4.2. ACERO NEGATIVO:

$$Mu = 6.26 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.4)}$$

$$b = 25 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad r = 6 \text{ cm} \quad d = 19 \text{ cm}$$

$$Ku = \frac{Mu}{\phi * b * d^2}$$

$$Ku = \frac{6.26 * 100000}{0.90 * 25 * 19^2} = 44.52$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * Ku}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 44.52}{4200}} \right] = 0.0118$$

$$As = \rho * b * d$$

$$As = 0.0118 * 25 * 19$$

$$As = 5.62 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{5.62 * 4200}{0.85 * 280 * 25} = 3.97 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{3.97}{0.85} = 4.67 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.25 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$3.97 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero:  $2 \phi 3/4"$

#### 8.7.4.3. DISEÑO DE CORTANTE

$$V_u = 5.01 \text{ Tn (Tabla 8.6.4)}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud}$$

$$v = 0.85 * 2.10 * \sqrt{280} * 25 * 19 > 13.79$$

$$v = 14.19 \text{ Tn} > 5.01 \text{ Tn} \quad \text{es correcto}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{280} * 25 * 19 = 4.21 \text{ Tn}$$

**Espaciamiento máximo**

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{5.01}{0.85} - 4.21 = 8.42$$

$A_v = 2 * \text{area del acero a utilizar } (2 * \phi 3/8)$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$$S = \frac{2 * 0.71 * 4200 * 45}{8.42}$$

$$S = 67.4 \text{ cm}$$

Usar :  $\phi 3/8" @ 0.60\text{m}$

#### 8.7.5. DISEÑO DE ACERO VIGA TRANSVERSAL SECUNDARIA 2 AL TRANSITO

##### 8.7.5.1. ACERO POSITIVO:

$M_u = 2.65 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.5)}$

$b = 25 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad r = 6 \text{ cm} \quad d = 19 \text{ cm}$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{2.65 * 100000}{0.90 * 25 * 19^2} = 18.84$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 18.84}{4200}} \right] = 0.0047$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0047 * 25 * 19$$

$$A_s = 2.23 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

$$a = \frac{2.23 * 4200}{0.85 * 280 * 25} = 1.57 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{1.57}{0.85} = 1.85 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.10 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$1.57 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 2  $\phi$  1/2"

#### 8.7.5.2. ACERO NEGATIVO

$$Mu = -2.70 \text{ Tn-m (Tabla 8.6.5)}$$

$$b = 25 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad fc = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad fy = 4200 \text{ kg/cm} \quad r = 6 \text{ cm} \quad d = 19 \text{ cm}$$

$$Ku = \frac{Mu}{\phi * b * d^2}$$

$$Ku = \frac{2.70 * 100000}{0.90 * 25 * 19^2} = 19.20$$

$$m = \frac{fy}{0.85 * fc}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * Ku}{fy}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 19.20}{4200}} \right] = 0.0048$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0048 * 25 * 19$$

$$A_s = 2.28 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{2.28 * 4200}{0.85 * 280 * 25} = 1.60 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{1.60}{0.85} = 1.88 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.10 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$1.60 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 2  $\phi$  1/2"

### 8.7.5.3. DISEÑO DE CORTANTE

$$V_u = 2.37 \text{ Tn (Tabla 8.6.5)}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud}$$

$$v = 0.85 * 2.10 * \sqrt{280} * 25 * 19 > 2.37$$

$$v = 14.19 \text{ Tn} > 2.37 \text{ Tn} \quad \text{es correcto}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} * b_w * d$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{280} * 25 * 19 = 4.21 \text{ Tn}$$

### Espaciamiento máximo

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{2.37}{0.85} - 4.21 = -1.42 \text{ No requiere estribo (negativo)}$$

Por seguridad

Usar :  $\phi$  1/4" @ 0.60m

## 8.7.6. DISEÑO DE ACERO VIGA VOLADIZO

### 8.7.6.1. ACERO POSITIVO:

$M_u = 0.22 \text{ Tn-m}$  (Tabla 6)

$b = 30 \text{ cm}$     $h = 25 \text{ cm}$     $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$     $f_y = 4200 \text{ kg/cm}$     $r = 6 \text{ cm}$     $d = 19 \text{ cm}$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{0.22 * 100000}{0.90 * 30 * 19^2} = 1.30$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 1.30}{4200}} \right] = 0.0003$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0003 * 30 * 19$$

$$A_s = 1.71 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{1.71 * 4200}{0.85 * 280 * 30} = 0.10 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{0.10}{0.85} = 0.12 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.01 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$0.10 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 2  $\phi$  3/8"

#### 8.7.6.2. ACERO NEGATIVO

$$M_u = -3.07 \text{ Tn-m (Tabla 6)}$$

$$b = 30 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad r = 6 \text{ cm} \quad d = 19 \text{ cm}$$

$$K_u = \frac{M_u}{\phi * b * d^2}$$

$$K_u = \frac{3.07 * 100000}{0.90 * 30 * 19^2} = 18.19$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c}$$

$$m = \frac{4200}{0.85 * 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_u}{f_y}} \right]$$

$$\rho = \frac{1}{17.65} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.65 * 18.19}{4200}} \right] = 0.0045$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0045 * 30 * 19$$

$$A_s = 2.6 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

$$a = \frac{2.6 * 4200}{0.85 * 280 * 30} = 1.51 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$c = \frac{1.51}{0.85} = 1.78 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} \leq 0.42$$

$$0.09 \leq 0.42 \quad \text{Ok}$$

$$a < 20 \text{ cm}$$

$$1.51 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

Usar acero: 2  $\phi$  1/2"

### 8.7.6.3. DISEÑO DE CORTANTE

$$V_u = 4.40 \text{ Tn (Tabla 8.6.6)}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud}$$

$$v = 0.85 * 2.10 * \sqrt{280} * 25 * 19 > 4.40$$

$$v = 14.19 \text{ Tn} > 4.40 \text{ Tn} \quad \text{es correcto}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c * b * d}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{280 * 30 * 19} = 5.06 \text{ Tn}$$

### Espaciamiento máximo

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{4.40}{0.85} - 5.06 = 0.12$$

Por seguridad

Usar :  $\phi 1/4'' @ 0.60\text{m}$

## 8.7.7. DISEÑO DE ACERO DE LA COLUMNA

### 8.7.7.1. DISEÑO DE ACERO

$$P = 35.32 \text{ Tn}$$

$$M = 28.76 \text{ Tn-m}$$

$b = 30 \text{ cm}$     $h = 40 \text{ cm}$     $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$     $f_y = 4200 \text{ kg/cm}$     $d = 35 \text{ cm}$

$M_u = 28.76 \text{ Tn-m}$  (Momento resultante)

$$\tau = \frac{h-2r}{h}$$

$$\tau = 0.75$$

$$\frac{M_u}{A_g * h} = \frac{28.76 * 1000 * 100}{1200 * 40} = 59.9 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{35.32 * 1000}{1200} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 29.4 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Donde:

$\rho = 0.05$  Se determinó por Abaco A-1 (ANEXO)

$$A_s = 0.05 * 30 * 35$$

$$A_s = 52.5 \text{ cm}^2$$

Usar acero:  $4 \phi 5/8" + 16 \phi 3/4"$

#### 8.7.7.2. DISEÑO DE CORTANTE

$V_u = 18.22 \text{ Tn}$  (Tabla 7)

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

$$d = 35 \text{ cm}$$

$$v = \phi * 2.10 * \sqrt{f_c} * b * d > v_{ud}$$

$$v = 0.85 * 2.10 * \sqrt{280} * 30 * 35 > 13.79$$

$$v = 31.36 \text{ Tn} > 18.22 \text{ Tn} \quad \text{es correcto}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{280} * 25 * 19 = 9.31 \text{ Tn}$$

**Espaciamiento máximo**

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = 18.22 - 9.31 = 8.42$$

$$A_v = 2 * \text{area del acero a utilizar } (2 * \phi 3/8)$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$$S = \frac{2 * 1.29 * 4200 * 35}{8.42}$$

$$S = 31.3 \text{ cm}$$

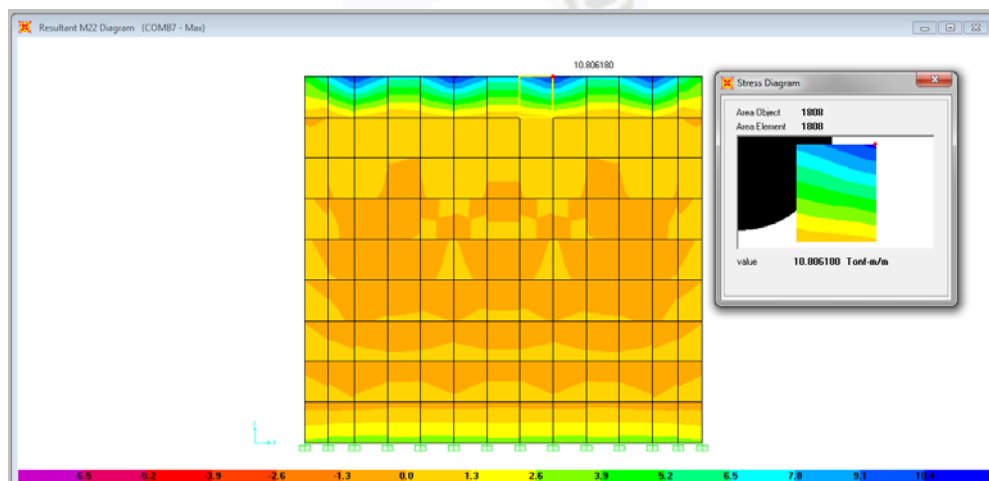
Usar :  $\phi 1/2'' @ 0.30 \text{ m}$

## 8.8. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL DEL ESTRIBO

A continuación se presentan el resumen de los resultados del análisis estructural, así como los diagramas de fuerzas y momentos reportados por los módulos de análisis de puentes y de secuencia de construcción del programa SAP2000.

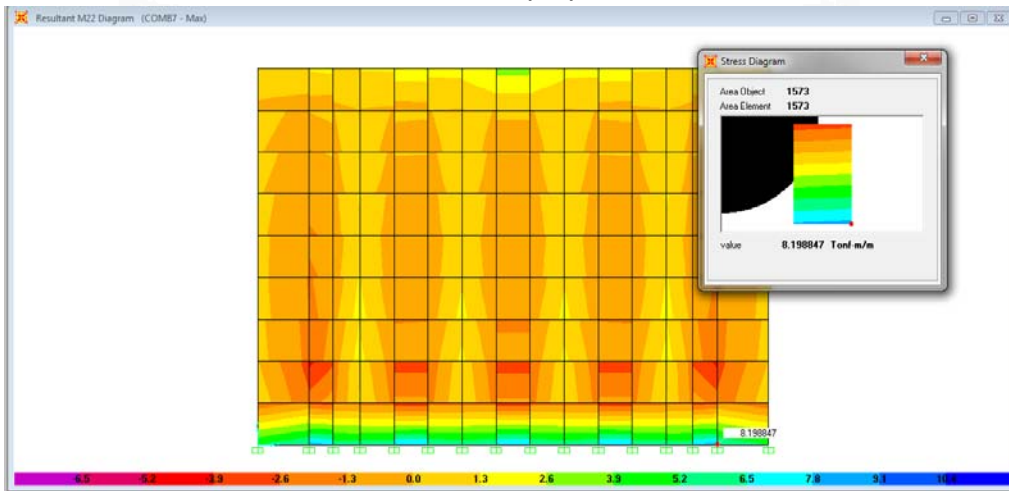
### 1.1.1. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL DEL ESTRIBO

#### DIAGRAMA DE COLORES (9.1) DE MOMENTOS M 2-2



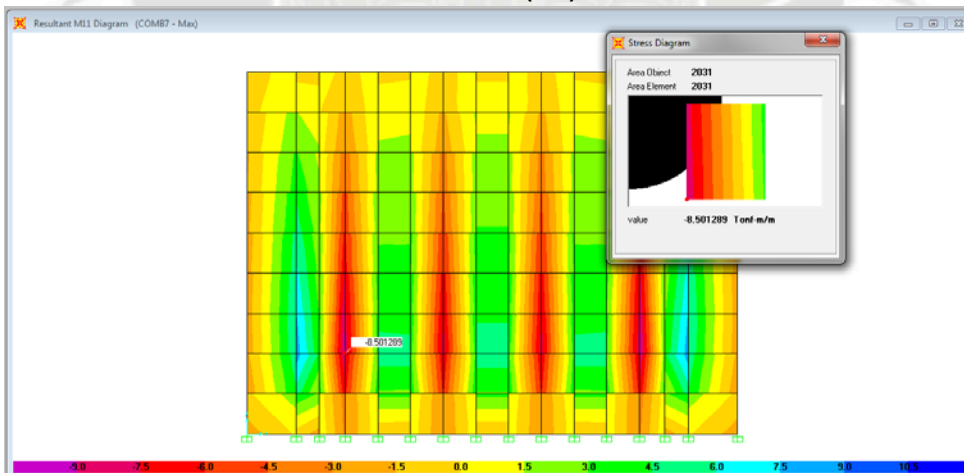
$$M = 10.80 \text{ Tn-m}$$

### DIAGRAMA DE COLORES (9.2) DE MOMENTOS M 2-2



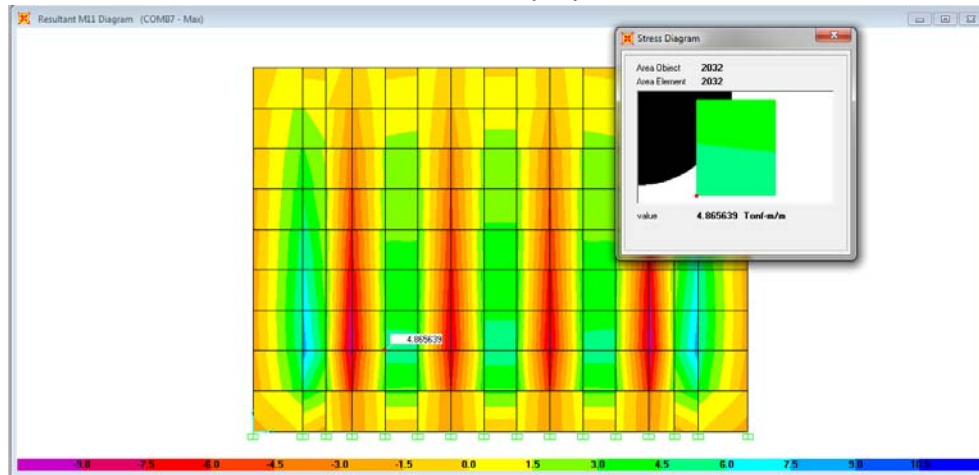
$M_u = 8.19 \text{ Tn-m}$

### DIAGRAMA DE COLORES (9.3) DE MOMENTOS M 1-1



$M_u = -8.50 \text{ Tn-m}$

## DIAGRAMA DE COLORES (9.4) DE MOMENTOS M 1-1



$M_u = -4.86 \text{ Tn-m}$

### 8.9. DISEÑO DE ACERO DEL ESTRIBO Y ALEROS

#### 8.9.1. ACERO VERTICAL:

$$M_u = 8.20 \text{ Tn-m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 14 \text{ cm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |M_u|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = 12.1 \text{ cm}^2$$

Usar acero de 3/4" a 0.20 m

#### REFUERZO (PUNTOS CRITICOS):

$$M_u = 10.80 \text{ Tn-m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 14 \text{ cm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |M_u|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = 16.3 \text{ cm}^2$$

Nota: si tenemos acero de acero de 3/4" a 0.20 m entonces

$$A_{s1} = A_s \text{ (critico)} - A_s \text{ (a utilizar)}$$

$$A_{s1} = 16.3 - 12.1$$

$$A_{s1} = 4.3 \text{ cm}^2$$

Usar acero de 3/4" a 0.60m

Longitud de Refuerzo 1 m

### 8.9.2. ACERO HORIZONTAL:

$$M_u = -4.86 \text{ Tn -m /m}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 14 \text{ cm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |M_u|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = 6.6 \text{ cm}^2$$

Usar acero de 5/8" a 0.30 m

### REFUERZO (PUNTOS CRITICOS):

$$M_u = -8.50 \text{ Tn -m /m}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = 25 \text{ cm} \quad f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm} \quad d = 14 \text{ cm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * |M_u|}{\phi * 0.85 * f_c * b}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = 11.9 \text{ cm}^2$$

Nota: si tenemos acero de acero de 5/8" a 0.20 m entonces

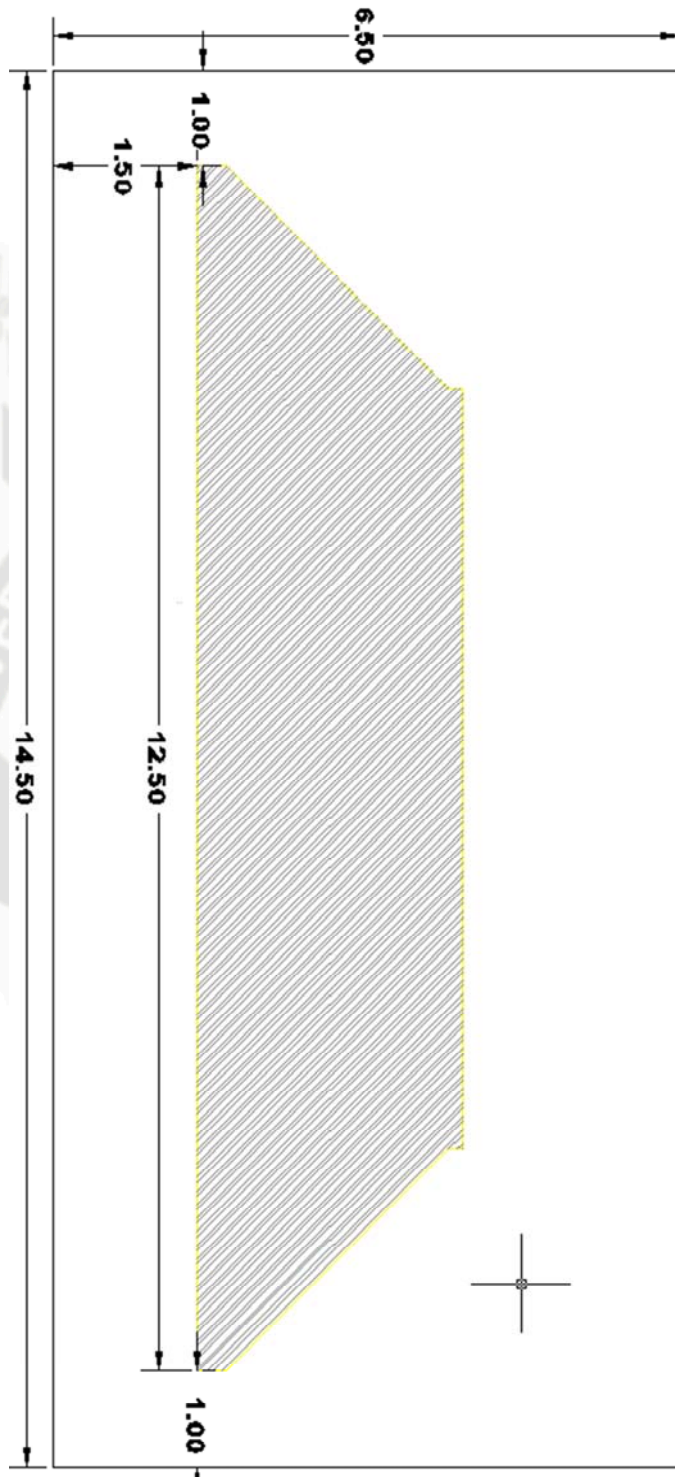
$$A_{s1} = A_s (\text{critico}) - A_s (\text{a utilizar})$$

$$A_{s1} = 11.9 - 6.6$$

$$A_{s1} = 5.3 \text{ cm}^2$$

Usar acero de 5/8" a 0.30 m

#### 8.10. DISEÑO DE ZAPATA (CIMENTACION)



## 8.10.1. CONTROL DE PUNZONAMIENTO

### 8.10.1.1. CARGA ADMISIBLE

$$q_u = \frac{P_u * 1.07}{A}$$

$$P_u = 3060.56 \text{ Tn} \quad b = 6.50 \text{ m} \quad L = 14.50 \text{ m} \quad h = 0.80 \text{ m}$$

$$d = h - r = 0.80 - 0.10$$

$$d = 0.70 \text{ m}$$

$$q_u = 3.47 \text{ kg / cm}^2$$

$$B_0 = d + 2.75 = 3.45 \text{ m}$$

$$L_0 = d + 12.5 = 13.20 \text{ m}$$

$$V_u = q_u * A_0 = 3.47 \text{ kg / cm}^2 * 1320 \text{ cm} * 345 \text{ cm}$$

$$V_u = 1580238 \text{ Kg}$$

$$V_u = 1580.23 \text{ Tn}$$

### 8.10.1.2. CORTANTE MAXIMO

$$V_c = 1.1 * \sqrt{f_c} * b_o * d$$

$$V_c = 3626467.03 \text{ Kg}$$

$$V_c = 3626.47 \text{ Tn}$$

$$\phi V_c = 0.85 * 3626.47 \text{ Tn}$$

$$\phi V_c = 3082.49 \text{ Tn}$$

$$V_u < \phi V_c$$

$$1580.23 \text{ Tn} < 3082.49 \text{ Tn} \quad \text{OK}$$

$$V_c = 0.53 + \frac{1.1}{\beta_c} * \sqrt{f_c} * b_o * d$$

$$\beta_c = \frac{L}{B}$$

$$\beta_c = 4.54$$

$$V_c = 2546079.03 \text{ Kg}$$

$$V_c = 2546.079 \text{ Tn}$$

$$\phi V_c = 2164.17 \text{ Tn}$$

$$V_u = q_u * b * (m - d)$$

$$m = 1.875 \text{ m}$$

$$b = 100 \text{ cm para el control de corte}$$

$$V_u = 34745.19 * 1 * (1.875 - 0.7)$$

$$V_u = 40825.6 \text{ Kg}$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 70$$

$$V_c = 53763 \text{ Kg}$$

$$\phi V_c = 45698.55 \text{ Kg}$$

$$V_u < \phi V_c$$

$$40825.6 \text{ Kg} < 45698.55 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

### 8.10.1.3. DISEÑO POR FLEXION:

$$M_u = \frac{q_u * m^2}{2}$$

$$M_u = 61076.74 \text{ Kg -m}$$

$$K_u = \frac{M_u}{b * d^2}$$

$$K_u = 12.46$$

Tabla A-12 (Anexo) Diseño en flexión

Dónde

$$\rho = 0.343 \%$$

$$\rho = 0.00343$$

$$A_s = 0.00343 * 100 * 70$$

$$A_s = 24.01 \text{ cm}^2$$

Usar acero de 3/4" a 0.12 m



## **CAPITULO IX**

### **9. COSTO Y PRESUPUESTO**

#### **9.1. INTRODUCCION**

El presente cálculo corresponde al costo y presupuesto de la superestructura de la tesis ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE TIPO ARCO DE LUZ 40 m ubicado en el distrito de Charcana provincia de la Unión, Departamento de Arequipa. El puente arco se encuentra a una altura de 2200 m.s.n.m.

## 9.2. METRADO DEL PUENTE

Item	Descripción	Und.	N°	Largo	Ancho	Altura	Vol (m3) - Peso(Kg)	Area (m2)	Long.(m)	Total
<b>01 OBRAS PROVISIONALES</b>										
01.01	OFICINA, CAMPAMENTO Y CASETA DE GUARDIANIA	m2								91.00
	Oficina Residencia y Supervision		1.00	5.00	5.00			25.00		
	Campamento- Almacén		1.00	10.00	5.00			50.00		
	Guardiania		1.00	4.00	4.00			16.00		
								<b>91.00</b>		
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60mX2.40m	und	1.00							1.00
01.03	AGUA PARA LA CONSTRUCCION	GLB	1.00							1.00
01.04	GUARDIANIA	dia	120.00							120.00
<b>02 OBRAS PRELIMINARES</b>										
02.01	LIMPIEZA DE TERRENO (DESBROCE)	m2	1.00	40.00	9.00			360.00		
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	1.00	40.00	10.00			400.00		
02.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	GLB	1.00							1.00
02.04	TRANSPORTE DE MATERIALES	ton	520.00							520.00
<b>03 FALSO PUENTE METÁLICO</b>										
03.01	NIVELACION Y REPLANTEO	m2	1.00	30.00	9.00			270.00		270.00
03.02	EXCAVACION EN ROCA PARA APOYO	m3	2.00	10.00	5.00	1.20	120.00			120.00
03.03	ESTRUCTURA METALICA DE SOPORTE	GLB	1.00							1.00
03.04	MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA FALSO PUENTE	GLB	1.00							1.00
03.05	CONCRETO F'C=175 KG/CM2	m3	2.00	2.00	2.05	2.05	16.81			16.81
<b>04 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>										
04.01	EXCAVACION EN TERRENO SEMIROCOSO	m3	2.00	6.00	4.00	6.00	288.00			288.00
04.02	EXCAVACION EN TERRENO ROCOSO	m3	2.00	8.00	6.00	4.00	384.00			384.00
04.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	2.00	15.00	8.00	8.00	1,920.00			1,920.00
<b>05 OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>										
<b>05.01 CIMENTACIÓN</b>										
05.01.01	CONCRETO fc=280kg/cm2 Zapata	m3	2.00	14.50	6.50	0.80	150.80			150.80
05.01.02	ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm2	kg					8,011.24			8,011.24
04.02	<b>DADOS MACIZOS</b>									

05.02.01	CONCRETO FC=280 KG/CM2+30% P.G. Dados	m3	2.00	12.50	4.10	8.79	900.98	<b>900.98</b>
05.02.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DADOS Exterior	m2	2.00	33.20		8.79	583.66	<b>583.66</b>
05.02.03	ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm2	kg					<b>7,024.38</b>	<b>7,024.38</b>
05.03	<b>ESTRIBOS</b>							
05.03.01	CONCRETO FC=280 KG/CM2	m3	2.00	12.50	0.25	8.64	54.00	<b>163.73</b>
			2.00	7.90	0.25	8.64	34.13	
			8.00	2.75	0.25	8.64	47.52	
			4.00	3.25	0.25	8.64	28.08	
							<b>163.73</b>	
05.03.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO ESTRIBOS Exterior Interior	m2	2.00	26.90		8.64	464.83	<b>1,069.63</b>
			2.00	35.00		8.64	604.80	
							<b>1,069.63</b>	
05.03.03	ACERO DE ESTRIBOS	kg					<b>9,973.12</b>	<b>9,973.12</b>
05.04	<b>VIGAS</b>							
05.04.01	CONCRETO FC=280 KG/CM2	m3	4.00	38.00	0.40	0.40	24.32	<b>68.95</b>
	Viga Arco		4.00	36.00	0.40	0.40	23.04	
	Viga Paralelo		11.00	10.00	0.30	0.40	13.20	
	Viga transversal 1		11.00	7.90	0.25	0.25	5.43	
	Viga transversal 2		6.00	7.90	0.25	0.25	2.96	
	Vigas de Amarre						<b>68.95</b>	
05.04.02	ENCOFRADO DE VIGAS Viga Arco Viga Paralelo Viga Transversal 1 Viga transversal 2 Viga de Amarre	m2	4.00	38.00	1.60		243.20	<b>761.90</b>
			4.00	36.00	1.60		230.40	
			11.00	10.00	1.40		154.00	
			11.00	7.90	1.00		86.90	
			6.00	7.90	1.00		47.40	
							<b>761.90</b>	
05.04.03	ACERO DE VIGAS	kg					<b>16,283.03</b>	<b>16,283.03</b>
05.05	<b>COLUMNA</b>							
05.05.01	CONCRETO FC=280 KG/CM2	m3	8.00	6.86	0.30	0.40	6.59	<b>22.19</b>
			8.00	5.19	0.30	0.40	4.98	
			8.00	4.03	0.30	0.40	3.87	
			8.00	3.16	0.30	0.40	3.03	
			8.00	2.64	0.30	0.40	2.53	
			4.00	2.46	0.30	0.40	1.18	
							<b>22.19</b>	
05.05.02	ENCOFRADO COLUMNAS	m2	8.00	6.86	1.40		76.83	<b>258.83</b>
			8.00	5.19	1.40		58.13	
			8.00	4.03	1.40		45.14	
			8.00	3.16	1.40		35.39	
			8.00	2.64	1.40		29.57	
			4.00	2.46	1.40		13.78	

258.83

05.05.03	ACERO DE COLUMNAS	kg						8,862.41	8,862.41
05.06	<b>TABLERO SUPERIOR</b>								
05.06.01	CONCRETO FC=280 KG/CM2 Tablero	m3	1.00	41.00	10.00	0.25	102.50	102.50	102.50
05.06.02	ENCOFRADO TABLERO SUPERIOR Abajo Costados Perdido	m2	1.00	41.00	10.00		410.00	20.50	22.00
								452.50	452.50
05.06.04	ACERO DE TABLERO	kg						13,646.03	13,646.03
06	<b>OBRAS DE PROTECCION Y BARANDAS</b>								
06.01	<b>BARRERA DE PROTECCION</b>								
06.01.01	CONCRETO FC=280 KG/CM2	m3		Area= 0.20	41.00		8.20	8.20	8.20
06.01.02	ENCOFRADO BARRERA DE PROTECCION	m2	2.00	41.00	0.35		28.70	16.40	45.10
			2.00	41.00	0.20			45.10	45.10
06.02	<b>BARANDA</b>								
06.02.01	BARANDA CON PERFIL "C" Baranda	m	2.00	41.79					83.58
07	<b>LOSA DE TRANSICION</b>								
07.01	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 Derecho Izquierdo	m3		Area= 25.13	0.20		5.03	7.40	12.42
				Area= 36.98	0.20		12.42		12.42
07.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO PARA LOSAS Derecho Izquierdo	m2	1.00	20.60		0.20	4.12	4.92	9.04
			1.00	24.61		0.20		9.04	9.04
07.03	ACERO DE LA LOSA	kg						425.18	425.18
08	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>								
08.01	DRENAJE EN PVC 8"	ML	2.00	15.00					30.00
08.02	TUBERIA PVC SAL Ø4"	ML	10.00	0.25					2.50
09	<b>SEÑALIZACION</b>								
09.01	SEÑALIZACION INFORMATIVA	und	2.00						2.00
09.02	SEÑALIZACION PREVENTIVA	und	2.00						2.00

### 9.3. PRESUPUESTO DEL PUENTE

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>					<b>26,481.64</b>
01.01	OFICINA RESIDENCIA Y SUPERVISION	m2	91.00	85.26	7,758.66	
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60mX2.40m	und	1.00	1,557.34	1,557.34	
01.03	AGUA PARA LA CONSTRUCCION	glb	1.00	6,725.64	6,725.64	
01.04	GUARDIANIA	día	120.00	87.00	10,440.00	
<b>02</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					<b>108,196.40</b>
02.01	LIMPIEZA DE TERRENO (DESBROCE)	m2	360.00	4.19	1,508.40	
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	400.00	2.90	1,160.00	
02.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	glb	1.00	3,608.00	3,608.00	
02.04	TRANSPORTE DE MATERIALES	ton	520.00	196.00	101,920.00	
<b>03</b>	<b>FALSO PUENTE METÁLICO</b>					<b>66,019.61</b>
03.01	NIVELACION Y REPLANTEO	m2	270.00	9.32	2,516.40	
03.02	EXCAVACION EN ROCA PARA APOYO	m3	120.00	63.31	7,597.20	
03.03	ESTRUCTURA METALICA DE SOPORTE	glb	1.00	34,931.20	34,931.20	
03.04	MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA FALSO PUENTE	glb	1.00	14,823.36	14,823.36	
03.05	CONCRETO f'c = 175 kg/cm2	m3	16.81	365.94	6,151.45	
<b>04</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>161,922.24</b>
04.01	EXCAVACION EN TERRENO SEMIROCOSO	m3	288.00	74.27	21,389.76	
04.02	EXCAVACION EN TERRENO ROCOSO	m3	384.00	123.27	47,335.68	
04.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	1,920.00	48.54	93,196.80	
<b>05</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					<b>1,243,953.54</b>
<b>05.01</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>					<b>126,251.02</b>
05.01.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2	m3	150.80	523.24	78,904.59	
05.01.02	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	8,011.24	5.91	47,346.43	
<b>05.02</b>	<b>DADOS MACIZOS</b>					<b>552,492.07</b>
05.02.01	CONCRETO FC=280 KG/CM2+30% P.G.	m3	900.98	527.43	475,203.88	
05.02.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DADOS	m2	583.66	51.30	29,941.76	
05.02.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	8,011.24	5.91	47,346.43	
<b>05.03</b>	<b>ESTRIBOS</b>					<b>182,486.83</b>
05.03.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2	m3	163.73	523.24	85,670.09	
05.03.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	m2	1,069.63	35.41	37,875.60	
05.03.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	9,973.12	5.91	58,941.14	

05.04	<b>VIGAS</b>					<b>159,288.99</b>
05.04.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2	m3	68.95	523.24	36,077.40	
05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	761.90	35.41	26,978.88	
05.04.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	16,283.03	5.91	96,232.71	
05.05	<b>COLUMNAS</b>					<b>73,131.46</b>
05.05.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2	m3	22.19	523.24	11,610.70	
05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	258.23	35.41	9,143.92	
05.05.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	8,862.41	5.91	52,376.84	
05.06	<b>TABLERO SUPERIOR</b>					<b>150,303.17</b>
05.06.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2	m3	102.50	523.24	53,632.10	
05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	452.50	35.41	16,023.03	
05.06.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	13,646.03	5.91	80,648.04	
06	<b>OBRAS DE PROTECCION Y BARANDAS</b>					<b>20,541.64</b>
06.01	<b>BARRERA DE PROTECCION</b>					<b>5,887.56</b>
06.01.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2	m3	8.20	523.24	4,290.57	
06.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	45.10	35.41	1,596.99	
06.02	<b>BARANDAS</b>					<b>14,654.08</b>
06.02.01	BARANDAS METALICAS PARA PUENTES	m	83.58			
07	<b>LOSA DE TRANSICION</b>					<b>8,539.16</b>
07.01	CONCRETO fc = 210 kg/cm2	m3	12.42	459.44	5,706.24	
07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	9.04	35.41	320.11	
07.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	425.18	5.91	2,512.81	
08	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>					<b>1,847.70</b>
08.01	DRENAJE EN PVC 8"	m	30.00	60.36	1,810.80	
08.02	TUBERIA PVC SAL 4"	m	2.50	14.76	36.90	
09	<b>SEÑALIZACION</b>					<b>1,588.20</b>
09.01	SEÑAL IMFORMATIVA	und	2.00	504.41	1,008.82	
09.02	SEÑAL PREVENTIVA	und	2.00	289.69	579.38	
	<b>COSTO DIRECTO CON IGV</b>					<b>1,639,090.13</b>
	<b>GASTOS GENERALES 10%</b>					<b>163909.013</b>
	<b>UTILIDADES 2%</b>					<b>32,781.80</b>
	<b>PRESUTUESPO TOTAL</b>					<b>1,835,780.95</b>



**SON: UN MILLON OCHOCIENTOS TREINTA Y CINCO MIL SETECIENTOS OCHENTA CON 95/100 NUEVOS SOLES**

## Análisis de Precios Unitarios

Partida	01.01	OFICINA RESIDENCIA Y SUPERVISION					
Rendimiento	m2/DIA	80.0000	EQ.	80.0000	Costo afectado por el metrado (91.00)		7,758.77
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh		0.1000	0.9100	15.74	14.32
0101010003	OPERARIO	hh		1.0000	9.1000	13.12	119.39
0101010005	PEON	hh		1.5000	13.6500	10.58	144.42
							<b>278.13</b>
		<b>Materiales</b>					
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		22.7500	72.80		
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		22.7500	72.80		
02310000010003	MADERA AGUANO 2"X3"X10'	pza		182.0000	4.40	800.80	
02310500010003	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 6 mm	und		63.7000	27.00	1,719.90	
0293010001	CALAMINA	und			72.8000	65.00	4,732.00
							<b>7,398.30</b>
		<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	278.13	13.91	
03010800030002	SIERRA CIRCULAR	hm		1.0000	7.52	68.43	
							<b>82.34</b>
Partida	01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60mX2.40m					
Rendimiento	und/DIA	0.5000	EQ.	0.5000	Costo afectado por el metrado (1.00)		1,557.34
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh		1.0000	16.0000	13.12	209.92
0101010005	PEON	hh		2.0000	32.0000	10.58	338.56
							<b>548.48</b>
		<b>Materiales</b>					
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1000	0.32		
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.1000	0.32		
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		40.0000	4.40	176.00	
02310500010001	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm	pln		8.0000	95.00	760.00	
							<b>936.64</b>
		<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	548.48	27.42	

03012200010001	CAMION PLATAFORMA EQUIPO 1	hm	0.2000	3.2000	14.00	44.80	<b>72.22</b>
----------------	----------------------------	----	--------	--------	-------	-------	--------------

Partida	<b>01.03</b>	<b>AGUA PARA LA CONSTRUCCION</b>					
Rendimiento	<b>glb/DIA</b>	<b>15.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>15.0000</b>	Costo afectado por el metrado (1.00)		<b>6,725.64</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
0101010005	PEON		hh		1.0000	0.5333	10.58
		<b>Equipos</b>					<b>5.64</b>
03012200050001	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)		hm		450.0000	28.00	6,720.00
							<b>6,720.00</b>

Partida	<b>01.04</b>	<b>GUARDIANIA</b>					
Rendimiento	<b>día/DIA</b>		<b>EQ.</b>		Costo afectado por el metrado (120.00)		<b>10,440.00</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
0104010001	GUARDIANIA		hh			720.0000	14.50
							<b>10,440.00</b>

Partida	<b>02.01</b>	<b>LIMPIEZA DE TERRENO (DESBROCE)</b>					
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>45.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>45.0000</b>	Costo afectado por el metrado (360.00)		<b>1,510.40</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
0101010003	OPERARIO		hh		0.1000	6.4080	13.12
0101010005	PEON		hh		2.0000	128.0160	10.58
		<b>Equipos</b>					<b>1,438.48</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1,438.48	71.92
							<b>71.92</b>

Partida	02.02	TRAZO Y REPLANTEO							
Rendimiento	m2/DIA	200.0000	EQ.	200.0000	Costo afectado por el metrado (400.00)			1,160.48	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010005	PEON		hh		2.0000	32.0000	10.58	338.56	
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO		hh	1.0000	16.0000	13.12	209.92	548.48	
0301000009	ESTACION TOTAL	Equipos	día	1.0000	2.0000	150.00	300.00		
0301490001	HERRAMIENTAS MENORES PARA TOPOGRAFO	glb		12.0000	26.00	312.00		612.00	
Partida	02.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA							
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo afectado por el metrado (1.00)			3,608.00	
Código	Descripción Recurso	Materiales	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
02030100060002	VIAJE TERRESTRE DE IDA (EN CAMA BAJA)	vje		2.0000	4.00	8.00	8.00		
0304010001	EQUIPO AUTOTRANSPORTADO (VOLQ/CIST/ETC) IDA	Equipos	und	3.0000	1,200.00	3,600.00	3,600.00		
Partida	02.04	TRANSPORTE DE MATERIALES							
Rendimiento	ton/DIA	200.0000	EQ.	200.0000	Costo afectado por el metrado (520.00)			101,920.00	
Código	Descripción Recurso	Materiales	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0203010006	VIAJE TERRESTRE		vje		5,200.0000	10.00	52,000.00		
02030100060002	VIAJE TERRESTRE DE IDA (EN CAMA BAJA)	vje		4,160.0000	4.00	16,640.00			
02030100060003	VIAJE TERRESTRE DE VUELTA (EN SEMITRAYLER)	vje		4,160.0000	4.00	16,640.00			



03011400020002	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg	hm	12.0000	46.0800	3.99	183.86
03011400060001	COMPRESORA NEUMATICA 700 - 800PCM, 240 HP	hm	3.0000	11.5200	198.56	2,287.41
						<b>5,565.99</b>

Partida	<b>03.03</b>	<b>ESTRUCTURA METALICA DE SOPORTE</b>					
Rendimiento	<b>g/b/DIA</b>	<b>0.2000</b>	<b>EQ.</b>	<b>0.2000</b>	Costo afectado por el metrado (1.00)		<b>34,931.20</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
0101010003	OPERARIO		hh		5.0000	200.0000	13.12
0101010005	PEON		hh		10.0000	400.0000	10.58
						<b>6,856.00</b>	
		<b>Materiales</b>					
0204280001	ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SEÑALES INFORMATIVAS	und		500.0000	13.80	6,900.00	
02180200010002	PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE G-2 6" X 1/2"	und		8.0000	5.00	40.00	
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal			0.2000	32.00	6.40
0240070001	PINTURA ANTICORROSIVA	gal			9.2000	32.00	294.40
0240080017	DISOLVENTE XIOL	gal			5.4000	54.00	291.60
						<b>7,532.40</b>	
		<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	6,856.00	342.80
0301270002	MOTOSOLDADORA	día		40.0000	200.0000	5.00	1,000.00
0301340001	ANDAMIO METALICO	día		240.0000	1,200.0000	16.00	19,200.00
						<b>20,542.80</b>	

Partida	<b>03.04</b>	<b>MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA FALSO PUENTE</b>					
Rendimiento	<b>g/b/DIA</b>	<b>0.2000</b>	<b>EQ.</b>	<b>0.2000</b>	Costo afectado por el metrado (1.00)		<b>14,823.36</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
0101010002	CAPATAZ		hh		1.0000	40.0000	15.74
0101010004	OFICIAL		hh		5.0000	200.0000	11.70
0101010005	PEON		hh		8.0000	320.0000	10.58
0101030007	SOLDADOR		hh		10.0000	400.0000	13.12
						<b>5,248.00</b>	
						<b>11,603.20</b>	
		<b>Materiales</b>					
0255080001	SOLDADURA ELECTRICA CELLOCORD	kg		45.0000	16.00	720.00	

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo	5.0000	11,603.20	580.16	720.00
0301340001	ANDAMIO METALICO		día	24.0000	120.0000	1,920.00	
							<b>2,500.16</b>

Partida	<b>03.05</b>	<b>CONCRETO f'c = 175 kg/cm2</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>16.0000</b>	EQ.	<b>16.0000</b>	Costo afectado por el metrado (16.81)		<b>6,151.35</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
0101010002	CAPATAZ		hh		0.5000	4.2025	15.74
0101010003	OPERARIO		hh		2.0000	16.8100	13.12
0101010004	OFICIAL		hh		1.0000	8.4050	11.70
0101010005	PEON		hh		4.0000	33.6200	10.58
							<b>740.74</b>
		<b>Materiales</b>					
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		5.8835	41.65	245.05
02070200010002	ARENA GRUESA		m3			13.1118	41.65
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		109.2650	22.00	2,403.83	546.11
0290130021	AGUA		und			67.2400	32.00
							<b>2,151.68</b>
		<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	740.74	37.04
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm		1.0000	8.4050	26.90	
							<b>63.94</b>

Partida	<b>04.01</b>	<b>EXCAVACION EN TERRENO SEMIROCOSO</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>160.0000</b>	EQ.	<b>160.0000</b>	Costo afectado por el metrado (288.00)		<b>21,390.39</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>

0101010003	OPERARIO	hh			10.0000	144.0000	13.12	1,889.28
0101010004	OFICIAL	hh			6.0000	86.4000	11.70	1,010.88
0101010005	PEON	hh			6.0000	86.4000	10.58	914.11
								<b>3,814.27</b>

		<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	3,814.27	190.71	
0301090001	TRACK DRILL NEUMATICO 660-690 PCM	hm	2.0000	28.8000	198.56	5,718.53		
03011400020002	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg	hm		4.0000	57.6000	3.99	229.82	
03011400060001	COMPRESORA NEUMATICA 700 - 800PCM, 240 HP	hm	4.0000	57.6000	198.56	11,437.06		
								<b>17,576.12</b>

Partida	<b>04.02</b>	<b>EXCAVACION EN TERRENO ROCOSO</b>						
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>240.0000</b>	EQ.	<b>240.0000</b>	Costo afectado por el metrado (384.00)		<b>47,331.43</b>	

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh		8.0000	102.4128	13.12
0101010004	OFICIAL	hh		5.0000	64.0128	11.70
0101010005	PEON	hh		3.0000	38.4000	10.58
						<b>2,498.88</b>
<b>Materiales</b>						
0255100001	DINAMITA AL 65%	kg		57.6000	15.00	864.00
0255120001	DETONANTES PARA PERFORACION	kg	19.2000	25.00	480.00	
0255130001	EMULSION EXPLOSIVA	kg		211.2000	10.00	2,112.00
0258090001	ACCESORIOS PARA PERFORACION	und	1.1520	150.00	172.80	
						<b>3,628.80</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2,498.88	124.94
0301090001	TRACK DRILL NEUMATICO 660-690 PCM	hm	8.0000	102.4128	198.56	20,335.09
03011400020002	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg	hm	8.0000	102.4128	3.99	408.63
03011400060001	COMPRESORA NEUMATICA 700 - 800PCM, 240 HP	hm	8.0000	102.4128	198.56	20,335.09
						<b>41,203.75</b>

Partida	04.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO							
Rendimiento	m3/DIA	60.0000	EQ.	60.0000	Costo afectado por el metrado (1,920.00)		93,195.67		
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010004	OFICIAL		hh		2.0000	512.0640	11.70	5,991.15	
0101010005	PEON		hh		6.0000	1,536.0000	10.58	16,250.88	
								<b>22,242.03</b>	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	<b>Materiales</b>	m3		230.4000	32.00	7,372.80		
		<b>Equipos</b>	%mo		5.0000	22,242.03	1,112.10	<b>7,372.80</b>	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES								
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm		1,023.9360	4.0000	16,382.98			
03011000060001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm		255.9360	1.0000	23,034.24			
03011700020001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm		128.0640	0.5000	23,051.52			
								<b>63,580.84</b>	

Partida	05.01.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2							
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo afectado por el metrado (150.80)		78,906.24		
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010002	CAPATAZ		hh		1.0000	100.5384	15.74	1,582.47	
0101010003	OPERARIO		hh		3.0000	301.6000	13.12	3,956.99	
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	301.6000	11.70	3,528.72	
0101010005	PEON		hh		10.0000	1,005.3384	10.58	10,636.48	
								<b>19,704.66</b>	
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	<b>Materiales</b>	m3		113.1000	41.65	4,710.62		
02070200010002	ARENA GRUESA		m3			37.7000	41.65	1,570.21	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		1,658.8000	22.00	36,493.60			
0290130021	AGUA		und			452.4000	32.00	14,476.80	
								<b>57,251.23</b>	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	<b>Equipos</b>	%mo		5.0000	19,704.66	985.23		

03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	3.0000	301.6000	3.20	965.12		<b>1,950.35</b>
----------------	---------------------------------	----	--------	----------	------	--------	--	-----------------

Partida	<b>05.01.02</b>	<b>ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2</b>						
Rendimiento	<b>kg/DIA</b>	<b>240.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>240.0000</b>	Costo afectado por el metrado (8,011.24)		<b>47,335.92</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh		0.1000	26.4371	15.74	416.12	
0101010003	OPERARIO	hh		1.0000	266.7743	13.12	3,500.08	
0101010004	OFICIAL	hh		2.0000	534.3497	11.70	6,251.89	
							<b>10,168.09</b>	
	<b>Materiales</b>							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		240.3372	1,321.85			
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		8,251.5772	30,530.84			
							<b>31,852.69</b>	
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	10,168.09	508.40		
0301330002	CIZALLA	día		45.0000	1,502.1075	3.20	4,806.74	
							<b>5,315.14</b>	

Partida	<b>05.02.01</b>	<b>CONCRETO FC=280 KG/CM2+30% P.G.</b>						
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>23.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>23.0000</b>	Costo afectado por el metrado (900.98)		<b>475,200.04</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh		2.0000	626.8118	13.12	8,223.77	
0101010004	OFICIAL	hh		5.0000	1,566.8943	11.70	18,332.66	
0101010005	PEON	hh		10.0000	3,133.8787	10.58	33,156.44	
							<b>59,712.87</b>	
	<b>Materiales</b>							
0201040001	PETROLEO D-2	gal			1,081.1760	8.70	9,406.23	
0207010006	PIEDRA GRANDE DE 8"	m3		432.4704	41.65	18,012.39		
0207030001	HORMIGON	m3			747.8134	41.65	31,146.43	

0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		2,883.1360	22.00	63,428.99			
0290130021	AGUA		und			5,405.8800	32.00	172,988.16	
<b>Equipos</b>									
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	59,712.87		2,985.64	
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO		hm	30.0000	9,401.5461	12.50		117,519.33	
<b>120,504.97</b>									

Partida	<b>05.02.02</b>	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DADOS</b>							
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>12.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>12.0000</b>	Costo afectado por el metrado (583.66)			<b>29,940.82</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	38.9301	15.74	612.76	
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	389.1261	13.12	5,105.33	
0101010004	OFICIAL		hh		2.0000	778.1939	11.70	9,104.87	
<b>14,822.96</b>									
<b>Materiales</b>									
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		70.0392	5.50		385.22	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		116.7320	3.20	373.54			
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		58.3660	3.20	186.77			
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		3,052.5418	4.40		13,431.18	
<b>14,376.71</b>									
<b>Equipos</b>									
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	14,822.96		741.15	
<b>741.15</b>									

Partida	<b>05.02.03</b>	<b>ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2</b>							
Rendimiento	<b>kg/DIA</b>	<b>240.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>240.0000</b>	Costo afectado por el metrado (8,011.24)			<b>47,335.92</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		

0101010002	CAPATAZ	hh		0.1000	26.4371	15.74	416.12
0101010003	OPERARIO	hh		1.0000	266.7743	13.12	3,500.08
0101010004	OFICIAL	hh		2.0000	534.3497	11.70	6,251.89
							<b>10,168.09</b>

02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	Materiales		240.3372	5.50	1,321.85	
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		8,251.5772	3.70	30,530.84	
							<b>31,852.69</b>

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo	5.0000	10,168.09	508.40	
0301330002	CIZALLA		dia	45.0000	1,502.1075	3.20	4,806.74
							<b>5,315.14</b>

Partida	05.03.01	<b>CONCRETO FC=280 kg/cm2</b>					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo afectado por el metrado (163.73)		85,671.88

Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010002	CAPATAZ		hh		1.0000	109.1588	15.74
0101010003	OPERARIO		hh		3.0000	327.4600	13.12
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	327.4600	11.70
0101010005	PEON		hh		10.0000	1,091.5388	10.58
							<b>21,394.20</b>

02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	Materiales	m3		122.7975	41.65	5,114.52
02070200010002	ARENA GRUESA		m3			40.9325	41.65
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	1,801.0300	22.00	39,622.66	
0290130021	AGUA		und			491.1900	32.00
							<b>15,718.08</b>
							<b>62,160.10</b>

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo	5.0000	21,394.20	1,069.71	
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	3.0000	327.4600	3.20	1,047.87
							<b>2,117.58</b>

Partida	05.03.02	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>					
---------	----------	---------------------------------	--	--	--	--	--

Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>40.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>40.0000</b>	Costo afectado por el metrado (1,069.63)		<b>37,885.53</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>		<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ		hh			0.2000	42.7852	15.74
0101010003	OPERARIO		hh			1.0000	213.9260	13.12
0101010004	OFICIAL		hh			3.0000	641.7780	11.70
								<b>10,988.95</b>
	<b>Materiales</b>							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg			128.3556	5.50	705.96
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg			213.9260	3.20	684.56	
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg			106.9630	3.20	342.28	
0231010001	MADERA TORNILLO		p2			5,594.1649	4.40	24,614.33
								<b>26,347.13</b>
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			5.0000	10,988.95	549.45
								<b>549.45</b>
Partida	<b>05.03.03</b>		<b>ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2</b>					
Rendimiento	<b>kg/DIA</b>	<b>240.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>240.0000</b>	Costo afectado por el metrado (9,973.12)		<b>58,928.06</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>		<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ		hh			0.1000	32.9113	15.74
0101010003	OPERARIO		hh			1.0000	332.1049	13.12
0101010004	OFICIAL		hh			2.0000	665.2071	11.70
								<b>12,658.16</b>
	<b>Materiales</b>							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg			299.1936	5.50	1,645.56	
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg			10,272.3136	3.70	38,007.56	
								<b>39,653.12</b>
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			5.0000	12,658.16	632.91
0301330002	CIZALLA		día			45.0000	1,869.9600	3.20
								<b>5,983.87</b>
								<b>6,616.78</b>

Partida	05.04.01	CONCRETO FC=280 kg/cm2							
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo afectado por el metrado (68.95)			36,078.16	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010002	CAPATAZ		hh		1.0000	45.9690	15.74	723.55	
0101010003	OPERARIO		hh		3.0000	137.9000	13.12	1,809.25	
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	137.9000	11.70	1,613.43	
0101010005	PEON		hh		10.0000	459.6690	10.58	4,863.30	
								<b>9,009.53</b>	
		<b>Materiales</b>							
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		51.7125	41.65	2,153.83		
02070200010002	ARENA GRUESA		m3			17.2375	41.65	717.94	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		758.4500	22.00	16,685.90			
0290130021	AGUA		und			206.8500	32.00	6,619.20	
								<b>26,176.87</b>	
		<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	9,009.53	450.48		
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm		3.0000	137.9000	3.20	441.28		
								<b>891.76</b>	

Partida	05.04.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO							
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ.	40.0000	Costo afectado por el metrado (761.90)			26,985.95	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010002	CAPATAZ		hh		0.2000	30.4760	15.74	479.69	
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	152.3800	13.12	1,999.23	
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	457.1400	11.70	5,348.54	
								<b>7,827.46</b>	
		<b>Materiales</b>							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		91.4280	5.50	502.85		
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		152.3800	3.20	487.62			
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		76.1900	3.20	243.81			
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		3,984.7370	4.40	17,532.84		

		<b>Equipos</b>							<b>18,767.12</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	7,827.46	391.37		

**391.37**

Partida	<b>05.04.03</b>	<b>ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2</b>							
Rendimiento	<b>kg/DIA</b>	<b>240.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>240.0000</b>	Costo afectado por el metrado (16,283.03)			<b>96,211.36</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	53.7340	15.74	845.77	
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	542.2249	13.12	7,113.99	
0101010004	OFICIAL		hh		2.0000	1,086.0781	11.70	12,707.11	
		<b>Materiales</b>						<b>20,666.87</b>	
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		488.4909	5.50	2,686.70			
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		16,771.5209	3.70	62,054.63			
		<b>Equipos</b>						<b>64,741.33</b>	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	20,666.87	1,033.34		
0301330002	CIZALLA	día			45.0000	3,053.0681	3.20	9,769.82	
								<b>10,803.1</b>	

Partida	<b>05.05.01</b>	<b>CONCRETO FC=280 kg/cm2</b>							
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>12.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>12.0000</b>	Costo afectado por el metrado (22.19)			<b>11,610.95</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
0101010002	CAPATAZ		hh		1.0000	14.7941	15.74	232.86	
0101010003	OPERARIO		hh		3.0000	44.3800	13.12	582.27	
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	44.3800	11.70	519.25	
0101010005	PEON		hh		10.0000	147.9341	10.58	1,565.14	

02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	Materiales	m3		16.6425	41.65	693.16		2,899.52
02070200010002	ARENA GRUESA		m3			5.5475	41.65	231.05	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	244.0900	22.00	5,369.98	32.00	2,130.24	
0290130021	AGUA		und			66.5700		8,424.43	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	2,899.52	144.98		
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	3.0000	44.3800	3.20	142.02		287.00

Partida	05.05.02	<b>ENCOFRADO Y DEENCOFRADO</b>						
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ.	40.0000	Costo afectado por el metrado (258.23)			9,146.32
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
0101010002	CAPATAZ		hh		0.2000	10.3292	15.74	162.58
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	51.6460	13.12	677.60
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	154.9380	11.70	1,812.77
								2,652.95
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	Materiales	kg		30.9876	5.50	170.43	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg	51.6460	3.20	165.27		
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"		kg	25.8230	3.20	82.63		
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		1,350.5429	4.40	5,942.39	6,360.72
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	2,652.95	132.65	132.65

Partida	05.05.03	<b>ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2</b>						
Rendimiento	kg/DIA	240.0000	EQ.	240.0000	Costo afectado por el metrado (8,862.41)			52,365.23

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh		0.1000	29.2460	15.74	460.33
0101010003	OPERARIO	hh		1.0000	295.1183	13.12	3,871.95
0101010004	OFICIAL	hh		2.0000	591.1227	11.70	6,916.14
							<b>11,248.42</b>
	<b>Materiales</b>						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	265.8723	5.50	1,462.30		
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9,128.2823	3.70	33,774.64		
							<b>35,236.94</b>
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	11,248.42	562.42	
0301330002	CIZALLA	día		45.0000	1,661.7019	3.20	5,317.45
							<b>5,879.87</b>
Partida	<b>05.06.01</b>						
	<b>CONCRETO FC=280 kg/cm2</b>						
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>12.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>12.0000</b>	Costo afectado por el metrado (102.50)		<b>53,633.21</b>
	<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
		<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh			1.0000	68.3368	15.74
0101010003	OPERARIO	hh			3.0000	205.0000	13.12
0101010004	OFICIAL	hh			3.0000	205.0000	11.70
0101010005	PEON	hh			10.0000	683.3368	10.58
							<b>7,229.70</b>
	<b>Materiales</b>						
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3			76.8750	41.65	3,201.84
02070200010002	ARENA GRUESA	m3				25.6250	41.65
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	1,127.5000		22.00	24,805.00	32.00
0290130021	AGUA	und				307.5000	32.00
							<b>9,840.00</b>
							<b>38,914.12</b>
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	13,393.42	669.67
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	3.0000	205.0000	3.20	656.00	
							<b>1,325.67</b>

Partida	05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO							
Rendimiento	m2/DIA	40.0000	EQ.	40.0000	Costo afectado por el metrado (452.50)			16,027.22	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010002	CAPATAZ		hh		0.2000	18.1000	15.74	284.89	
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	90.5000	13.12	1,187.36	
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	271.5000	11.70	3,176.55	
								<b>4,648.80</b>	
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		54.3000	5.50	298.65		
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		90.5000	3.20	289.60			
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		45.2500	3.20	144.80			
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		2,366.5750	4.40	10,412.93		<b>11,145.98</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	4,648.80	232.44		<b>232.44</b>
Partida	05.06.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2							
Rendimiento	kg/DIA	240.0000	EQ.	240.0000	Costo afectado por el metrado (13,646.03)			80,630.16	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	45.0319	15.74	708.80	
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	454.4128	13.12	5,961.90	
0101010004	OFICIAL		hh		2.0000	910.1902	11.70	10,649.23	
								<b>17,319.93</b>	
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg	409.3809	5.50	2,251.59			
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg	14,055.4109	3.70	52,005.02			<b>54,256.61</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	17,319.93	866.00		

0301330002	CIZALLA	día	45.0000	2,558.6306	3.20	8,187.62	<b>9,053.62</b>
------------	---------	-----	---------	------------	------	----------	-----------------

Partida	<b>06.01.01</b>	<b>CONCRETO FC=280 kg/cm2</b>					
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>12.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>12.0000</b>	Costo afectado por el metrado (8.20)		<b>4,290.66</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
0101010002	CAPATAZ		hh		1.0000	5.4669	15.74
0101010003	OPERARIO		hh		3.0000	16.4000	13.12
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	16.4000	11.70
0101010005	PEON		hh		10.0000	54.6669	10.58
							<b>1,071.48</b>
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	<b>Materiales</b>	m3		6.1500	41.65	256.15
02070200010002	ARENA GRUESA		m3			2.0500	41.65
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		90.2000	22.00	1,984.40	32.00
0290130021	AGUA		und			24.6000	32.00
							<b>787.20</b>
							<b>3,113.13</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	<b>Equipos</b>	%mo		5.0000	1,071.48	53.57
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm		3.0000	16.4000	3.20	52.48
							<b>106.05</b>

Partida	<b>06.01.02</b>	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>					
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>40.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>40.0000</b>	Costo afectado por el metrado (45.10)		<b>1,597.40</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
0101010002	CAPATAZ		hh		0.2000	1.8040	15.74
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	9.0200	13.12
0101010004	OFICIAL		hh		3.0000	27.0600	11.70
							<b>28.39</b>
							<b>118.34</b>
							<b>316.60</b>

		<b>Materiales</b>							<b>463.33</b>
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		5.4120	5.50	29.77		
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg		9.0200	3.20	28.86		
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"		kg		4.5100	3.20	14.43		
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		235.8730	4.40	1,037.84		<b>1,110.90</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	<b>Equipos</b>	%mo		5.0000	463.33	23.17		<b>23.17</b>

Partida	<b>06.02.01</b>	<b>BARANDAS METALICAS PARA PUENTES</b>						
Rendimiento	<b>m/DIA</b>	<b>12.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>12.0000</b>	Costo afectado por el metrado (83.58)			<b>14,654.14</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
0101010004	OFICIAL		hh		2.0000	111.4372	11.70	1,303.82
0101030007	SOLDADOR		hh		1.0000	55.7228	13.12	731.08
								<b>2,034.90</b>
0201040001	PETROLEO D-2	<b>Materiales</b>				26.7456	8.70	232.69
02041600020002	PLATINA DE FIERRO NEGRO DE 1/4X2"X6 m		var		167.1600	4.40	735.50	
02191300010002	TUBERIA C.S.N. 4"		m			167.1600	60.00	10,029.60
0240020001	PINTURA ESMALTE		gal			25.0740	32.00	802.37
02550800010004	SOLDADURA ELECTRICA CELLOCORD P 3/16"		kg		25.0740	16.00	401.18	
		<b>Equipos</b>						<b>12,201.34</b>
0301270002	MOTOSOLDADORA		día		12.0000	83.5800	5.00	417.90
								<b>417.90</b>

Partida	<b>07.01</b>	<b>CONCRETO fc = 210 kg/cm2</b>						
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>16.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>16.0000</b>	Costo afectado por el metrado (12.42)			<b>5,706.19</b>

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh		0.5000	3.1050	15.74	48.87
0101010003	OPERARIO	hh		2.0000	12.4200	13.12	162.95
0101010004	OFICIAL	hh		1.0000	6.2100	11.70	72.66
0101010005	PEON	hh		4.0000	24.8400	10.58	262.81
							<b>547.29</b>
<b>Materiales</b>							
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		8.9424	41.65	372.45	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3			2.8566	41.65	118.98
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	99.3600	22.00	2,185.92		
0290130021	AGUA	und			37.2600	32.00	1,192.32
							<b>3,869.67</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	547.29	27.36	
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	6.2100	3.20	19.87	
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm		16.0000	99.3600	12.50	1,242.00
							<b>1,289.23</b>
Partida	<b>07.02</b>	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>					
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>40.0000</b>	<b>EQ.</b>	<b>40.0000</b>	Costo afectado por el metrado (9.04)		<b>320.19</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh		0.2000	0.3616	15.74	5.69
0101010003	OPERARIO	hh		1.0000	1.8080	13.12	23.72
0101010004	OFICIAL	hh		3.0000	5.4240	11.70	63.46
							<b>92.87</b>
<b>Materiales</b>							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		1.0848	5.50	5.97	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	1.8080	3.20	5.79		
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	0.9040	3.20	2.89		
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		47.2792	4.40	208.03	
							<b>222.68</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	92.87	4.64	
							<b>4.64</b>

Partida	07.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2						
Rendimiento	kg/DIA	240.0000	EQ.	240.0000	Costo afectado por el metrado (425.18)		2,512.25	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	1.4031	15.74	22.08
0101010003	OPERARIO		hh		1.0000	14.1585	13.12	185.76
0101010004	OFICIAL		hh		2.0000	28.3595	11.70	331.81
								<b>539.65</b>
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	Materiales	kg		12.7554	70.15		
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg		437.9354	1,620.36		
								<b>1,690.51</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	539.65	26.98	
0301330002	CIZALLA		día		45.0000	79.7213	3.20	255.11
								<b>282.09</b>

Partida	08.01	DRENAJE EN PVC 8"						
Rendimiento	m/DIA	250.0000	EQ.	250.0000	Costo afectado por el metrado (30.00)		1,810.67	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
0101010005	PEON		hh		1.0000	0.9600	10.58	10.16
								<b>10.16</b>
0208010002	TUBERIA PVC 8"	Materiales	und			15.0000	120.00	1,800.00
								<b>1,800.00</b>
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	10.16	0.51	
								<b>0.51</b>

Partida	08.02	TUBERIA PVC SAL 4"							
Rendimiento	m/DIA	250.0000	EQ.	250.0000	Costo afectado por el metrado (2.50)			36.89	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010005	PEON		hh		1.0000	0.0800	10.58	0.85	0.85
02060100010007	TUBERIA PVC-SAL 4" X 3 m	Materiales	m		2.0000	18.00	36.00		36.00
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	0.85	0.04		0.04
									0.04

Partida	09.01	SEÑAL INFORMATIVA							
Rendimiento	und/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo afectado por el metrado (2.00)			1,008.82	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
0101010002	CAPATAZ		hh		0.1000	1.6000	15.74	25.18	25.18
0101010004	OFICIAL		hh		1.0000	16.0000	11.70	187.20	187.20
0101010005	PEON		hh		0.5000	8.0000	10.58	84.64	84.64
									297.02
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	Materiales	m2		3.0000	85.00	255.00		
0267110010	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD		jgo		2.4000	25.00	60.00		



## 9.4. PROGRACION DE OBRA DEL PUENTE

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<b>PROGRAMACION</b>	<b>130 días</b>	<b>lun 01/07/13</b>	<b>vie 27/12/13</b>
<b>OBRAS PROVISIONALES</b>	<b>120 días</b>	<b>lun 01/07/13</b>	<b>vie 13/12/13</b>
OFICINA, CAMPAMENTO Y CASETA DE GUARDIANIA	3 días	lun 01/07/13	mié 03/07/13
CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60mX2.40m	1 día?	lun 01/07/13	lun 01/07/13
GUARDIANIA	120 días	lun 01/07/13	vie 13/12/13
AGUA PARA LA CONSTRUCCION	116 días	lun 01/07/13	lun 09/12/13
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>	<b>61 días</b>	<b>lun 08/07/13</b>	<b>lun 30/09/13</b>
LIMPIEZA DE TERRENO (DESBROCE)	3 días	lun 08/07/13	mié 10/07/13
TRAZO Y REPLANTEO	2 días	jue 11/07/13	vie 12/07/13
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	2 días	lun 08/07/13	mar 09/07/13
TRANSPORTE DE MATERIALES DE AREQUIPA A PIE DE OBRA	60 días	mar 09/07/13	lun 30/09/13
<b>FALSO PUENTE METÁLICO</b>	<b>20 días</b>	<b>mié 10/07/13</b>	<b>mar 06/08/13</b>
NIVELACION Y REPLANTEO	2 días	lun 15/07/13	mar 16/07/13
EXCAVACION EN ROCA PARA APOYO	4 días	mié 10/07/13	lun 15/07/13
ESTRUCTURA METALICA DE SOPORTE	10 días	mié 17/07/13	mar 30/07/13
MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA FALSO PUENTE	10 días	lun 15/07/13	vie 26/07/13
CONCRETO F'C=210 KG/CM2	4 días	mar 16/07/13	vie 19/07/13
ALZAPRIMADO	5 días	mié 31/07/13	mar 06/08/13
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>45 días</b>	<b>lun 15/07/13</b>	<b>vie 13/09/13</b>
EXCAVACION EN TERRENO SEMIROCOSO	2 días	lun 15/07/13	mar 16/07/13
EXCAVACION EN TERRENO ROCOSO	20 días	lun 15/07/13	vie 09/08/13
RELLENO CON MATERIAL PROPIO	5 días	lun 09/09/13	vie 13/09/13
<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>	<b>103 días</b>	<b>mié 07/08/13</b>	<b>vie 27/12/13</b>
<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>11 días</b>	<b>mié 07/08/13</b>	<b>mié 21/08/13</b>
CONCRETO FC=280 KG/CM2	8 días	lun 12/08/13	mié 21/08/13
ACERO DE CONSTRUCCION	10 días	mié 07/08/13	mar 20/08/13
<b>DADOS MACIZOS</b>	<b>13 días</b>	<b>jue 15/08/13</b>	<b>lun 02/09/13</b>
CONCRETO FC=280 KG/CM2+30% P.G.	5 días	jue 22/08/13	mié 28/08/13
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DADOS	8 días	jue 22/08/13	lun 02/09/13
ACERO DE CONSTRUCCION	12 días	jue 15/08/13	vie 30/08/13
<b>ESTRIBOS</b>	<b>15 días</b>	<b>jue 29/08/13</b>	<b>mié 18/09/13</b>
CONCRETO FC=280 KG/CM2	8 días	mar 03/09/13	jue 12/09/13
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO ESTRIBOS	6 días	jue 29/08/13	jue 05/09/13
ACERO DE CONSTRUCCION	12 días	mar 03/09/13	mié 18/09/13
<b>VIGAS</b>	<b>38 días</b>	<b>lun 16/09/13</b>	<b>mié 06/11/13</b>
CONCRETO FC=280 KG/CM2	20 días	lun 23/09/13	vie 18/10/13
ENCOFRADO DEL ARCO	35 días	jue 19/09/13	mié 06/11/13
ACERO DE CONSTRUCCION	25 días	lun 16/09/13	vie 18/10/13
<b>COLUMNAS</b>	<b>26 días</b>	<b>mié 16/10/13</b>	<b>mié 20/11/13</b>
CONCRETO FC=280 KG/CM2	6 días	lun 21/10/13	lun 28/10/13
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DIAFRAGMA	10 días	jue 07/11/13	mié 20/11/13
ACERO DE CONSTRUCCION	7 días	mié 16/10/13	jue 24/10/13
<b>TABLERO SUPERIOR</b>	<b>26 días</b>	<b>mar 29/10/13</b>	<b>mar 03/12/13</b>
CONCRETO FC=280 KG/CM2	2 días	mar 29/10/13	mié 30/10/13
ENCOFRADO TABLERO SUPERIOR	2 días	jue 21/11/13	vie 22/11/13
ENCOFRADO PERDIDO TABLERO SUPERIOR	5 días	jue 21/11/13	mié 27/11/13
ACERO DE CONSTRUCCION	4 días	jue 28/11/13	mar 03/12/13

<b>BARRERA DE PROTECCION</b>	<b>33 días</b>	<b>jue 31/10/13</b>	<b>lun 16/12/13</b>
CONCRETO FC=280 KG/CM2	1 día	jue 31/10/13	jue 31/10/13
<b>ENCOFRADO Y DEENCOFRADO BARRERA DE PROTECCION</b>	<b>4 días</b>	<b>mié 04/12/13</b>	<b>lun 09/12/13</b>
ACERO DE CONSTRUCCION	5 días	jue 31/10/13	mié 06/11/13
BARANDA METALICA	5 días	mar 10/12/13	lun 16/12/13
<b>LOSA DE TRANSICION</b>	<b>9 días</b>	<b>mar 17/12/13</b>	<b>vie 27/12/13</b>
CONCRETO F'C=210 KG/CM2	2 días	vie 20/12/13	lun 23/12/13
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO PARA LOSAS	5 días	mar 17/12/13	lun 23/12/13
ACERO DE CONSTRUCCION	4 días	mar 24/12/13	vie 27/12/13
<b>OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>65 días</b>	<b>jue 29/08/13</b>	<b>mié 27/11/13</b>
DRENAJE EN PVC 8"	4 días	jue 29/08/13	mar 03/09/13
TUBERIA PVC SAL 4"	3 días	lun 25/11/13	mié 27/11/13
<b>SEÑALIZACION</b>	<b>4 días</b>	<b>mar 17/12/13</b>	<b>vie 20/12/13</b>
SEÑALIZACION INFORMATIVA	4 días	lun 30/12/13	jue 02/01/14
SEÑALIZACION PREVENTIVA	4 días	lun 30/12/13	jue 02/01/14



## CONCLUSIONES:

- En el diseño del tablero fue posible emplear distribución de momentos negativos, con el fin de simplificar el armado del refuerzo de acero y en el caso de las vigas para descongestionar la armadura en los nudos.
- Debido a los momentos negativos que se puede observar en el flectores del tablero, se ha decidido poner refuerzos de acero longitudinales y en el caso de los estribos refuerzos de acero en las esquinas debido a que la acción de la carga de camión de diseño y tándem genera grandes deformaciones y deflexiones
- El número de vigas paralelas al tránsito se determinó, con el número de vías, caso de la tesis son 02 vías en la cual se ha generado 04 vigas paralelas al tránsito
- En las columnas de longitud mayores de 4 metros se ha colocado una viga de amarre para evitar en pandeo, que no genere grandes deformaciones y deflexiones
- El presupuesto total del puente tipo arco es de 1, 835,780.95 (Un Millón ochocientos treinta y cinco setecientos ochenta mil con 95/100 Nuevos Soles). El plazo de ejecución de obra es de 130 Días calendarios, la Programación de obra es efectivo y real
- Facilidad en el acceso al transporte en mejores condiciones de traslado para dirigirse a realizar las diferentes actividades, elevando su calidad de vida y una comunicación de transporte más rápida

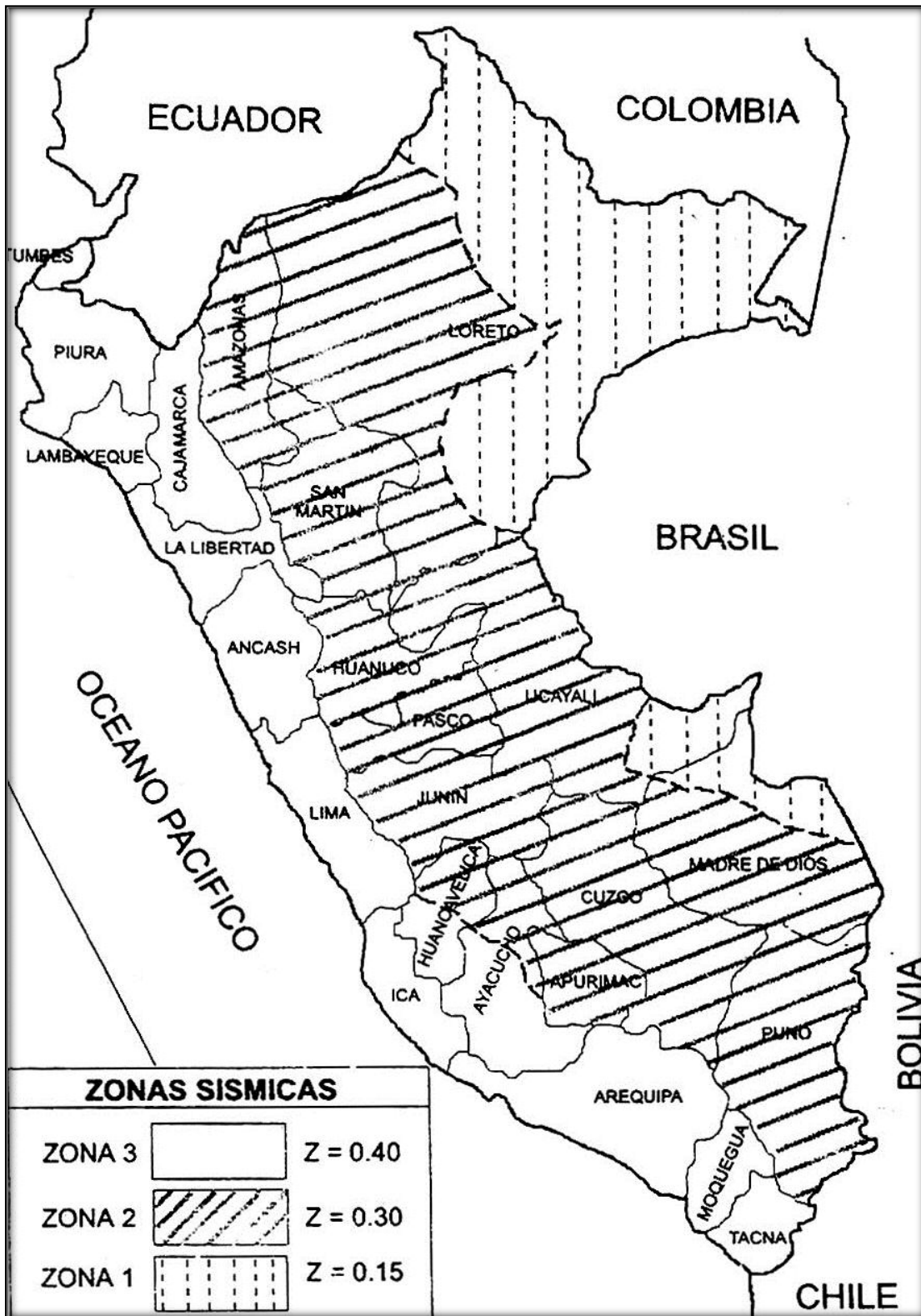
## RECOMENDACIONES:

- En la ejecución del proyecto se debe garantizar una buena dirección técnica y profesional, así como el uso de material de calidad, con el objeto de asegurar la durabilidad, eficiencia y buen funcionamiento del proyecto.
- Se colocará señalización de Información en lugares estratégicos; tales como en las columnas, vigas ya que son lugares de alto riesgo en la ejecución de la construcción del puente, y así disminuir accidentes
- Cuando se presenten casos particulares que no estén contemplados en forma clara en la tesis, se debe recurrir a la experiencia de profesionales especialistas, de tal manera de poder asumir criterios correctos al momento de la construcción.
- En la construcción de las obras se incentivará la participación comunal, permitiendo de esta manera un ahorro en el costo de la obra correspondiente a la mano de obra no calificada

## **BIBLIOGRAFIA:**

- Diseño de concreto armado capitulo peruano del AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI PERU)
- Hidrología Aplicada VEN TE CHOW, DAVID R. MAIDMENT, LARRY W. MAYS
- American Association of State Highway and Transportation Officials (2007): AASHTO LRFD Bridge Design specifications SI Units: Washington - USA.
- Manual de Diseño de puentes MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN
- Apuntes de Clases de Concreto Armado, Puentes e Hidrología Básica Dictados por los Docentes de la UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
- DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARTHUR H. NILSON Professor Emeritus Structural Engineering Cornell University
- Manual de Aplicación del Programa SAP2000 v14 Ing.Eliud Hernánde

GRAFICO DE ZONIFICACION



### ABRIVIATURAS

- a Altura del bloque equivalente de esfuerzos
- $b_w$  Ancho del alma del elemento
- d Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción, pero no menor de 0.80 h para secciones circulares y elementos preesforzados
- h Altura del elemento
- $f_c$  Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto a los 28 días en Kg/cm<sup>2</sup>
- $f_y$  Esfuerzo especificado de fluencia del acero
- $A_s$  Area del refuerzo en tracción
- $A'_s$  Area del refuerzo en compresión
- $M_u$  Momento último o momento de diseño
- $N_u$  Carga axial amplificada normal a la sección transversal. actuando simultáneamente con  $V_u$
- $\phi$  Factor de reducción de resistencia
- $\rho$  Cuantía del refuerzo en tracción ( $A_s/bd$ )
- $E_c$  Modulo de elasticidad del concreto.  $15000 (f_c)^{0.5}$  en Kg/cm<sup>2</sup> (200.000 kg/cm<sup>2</sup>)

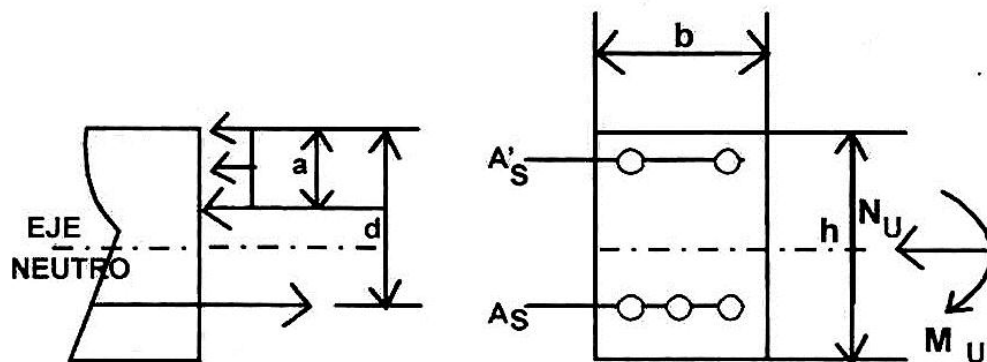


TABLA A-1

### FACTORES DE RESISTENCIA

Esfuerzo	Factor
Flexión sin carga axial	0.90
Flexión con carga axial de tracción	0.90
Flexión con carga axial de compresión y para compresión sin flexión:	
a) Elementos con refuerzo en espiral	0.75
b) Otros elementos	0.70
Cortante con o sin torsión	0.85
Aplastamiento en el Concreto	0.70

**TABLA A-2**  
**FACTORES DE REDUCCION**

<b>Esfuerzo</b>	<b>Factor</b>
Flexión sin carga axial	0.90
Flexión con carga axial de tracción	0.90
Flexión con carga axial de compresión y para compresión sin flexión:	
a) Elementos con refuerzo en espiral	0.75
b) Otros elementos	0.70
Cortante con o sin torsión	0.85
Aplastamiento en el Concreto	0.70

**TABLA A-3**  
**CUANTIAS MINIMAS Y MAXIMAS DE CONCRETO ARMADO**

<b>Elemento</b>	<b>Cuántia Mínima</b>	<b>Cuántia máxima</b>
Columnas	0.01	0.06
Muros, Refuerzo vertical		
- Barras corrugadas de diámetro menor o igual a 5/8" con una resistencia a la fluencia no menor de 4,200 kg/cm <sup>2</sup>	0.0012	
- Otras barras corrugadas	0.0015	
- Malla electrosoldada lisa o corrugada de diámetro mayor a 15 mm	0.0012	
Muros, Refuerzo horizontal		
- Barras corrugadas de diámetro menor o igual a 5/8" con una resistencia a la fluencia no menor de 4,200 kg/cm <sup>2</sup>	0.0020	
- Otras barras corrugadas	0.0025	
- Malla electrosoldada lisa o corrugada de diámetro no mayor a 15 mm	0.0020	

**TABLA A-4**

**DEFLEXIONES MAXIMOS PERMISIBLES**

Tipo de Elemento	Deflexión considerada	Deflexión Limite
Techos planos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas	Deflexión instantánea debido a la carga viva	L/180 (**)
Pisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas	Deflexión instantánea debido a la carga viva	L/360
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión diferida debida a todas las cargas sostenidas, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) (*)	L/480 (***)
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños por deflexiones excesivas		L/240 (****)

L = Luz de cálculo

(\*) Las deflexiones diferidas se pueden reducir según la cantidad de la deflexión que ocurra antes de unir los elementos no estructurales. Esta cantidad se determina basándose en los datos de Ingeniería aceptables con relación a las características tiempo-deformación de elementos similares a los que se están considerando.

(\*\*) Este límite no tiene por objeto constituirse en un resguardo contra el estancamiento de aguas.

(\*\*\*) Este límite se puede exceder si se toman medidas adecuadas para prevenir daños en elementos apoyados o unidos.

(\*\*\*\*) Pero no mayor que la tolerancia establecida para los elementos no estructurales. Este límite se puede exceder si se proporciona una contraflecha de modo que la deflexión total menos la contraflecha no exceda dicho límite.

**TABLA A-5**

**RESISTENCIA AL CORTE DE CONCRETO NO REFORZADO**

a) Elemento sometidos solo a corte y flexión	$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} b_w d$
b) Para miembros sujetos adicionalmente a compresión axial	$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} b_w d (1 + 0.0071 N_u / A_g)$
Nu en Kg y Ag en centímetros cuadrados	
Pero Vc no deberá tomarse mayor que:	$V_c = 0.9 \sqrt{f_c} b_w d \sqrt{1 + 0.028 N_u / A_g}$
Nu/Ag en kg/cm <sup>2</sup> .	

TABLA A-6

REFUERZO COR CORTE

Cuando la fuerza cortante  $V_u$  exceda de  $\phi V_c$ , deberá proporcionarse refuerzo por corte de manera que se cumpla:

$$V_u \leq \phi V_n, \quad V_n = V_c + V_s$$

a) Cuando se utilice estribos perpendiculares al eje del elemento:

$$V_s = A_v f_y d/s$$

$A_v$  : Area de refuerzo por cortante dentro de una distancia  $s$  proporcionada por la suma de las áreas de las ramas del o de los estribos ubicados en el alma.

b) Cuando el refuerzo por corte consista en una serie de barras paralelas dobladas o grupos de barras paralelas dobladas a diferentes distancias del apoyo:

$$V_s = A_v f_y (\text{Sen} + \text{Cos} ) d/s$$

c) Cuando el refuerzo de corte consista en una barra individual o en un solo grupo de barras paralelas, todas dobladas a la misma distancia del apoyo:

$$V_s = A_v f_y \text{sen } \alpha$$

La Resistencia al cortante  $V_s$  no deberá considerarse mayor que:

$$2.1 \sqrt{f_c} b_w d$$

Cuando se deba usar refuerzo por corte, el área mínima de corte será:

$$A_v = 3.5 b_w s/ f_y$$

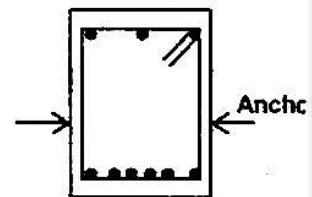
Donde  $b_w$  y  $s$  están en centímetros

La sección crítica de diseño al corte se ubica a una distancia “ $d$ ” del apoyo  
 El espaciamiento del refuerzo perpendicular, no debe ser mayor de  $0.5 d$  ni de  $60$  cm, pero si  $V_s$  excede a  $1.1 \sqrt{f_c} b_w d$ , el espaciamiento deberá reducirse a la mitad.

TABLA A-7

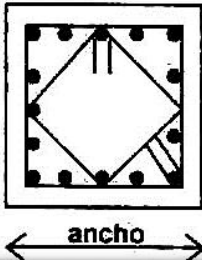
ANCHO MINIMO DE VIGA PARA UN NUMERO DADO DE VARILLAS POR FILA EN CM

	4	5	6	7	8	9	10	Número de varillas
1/4"	15	16	17	17	18	19	19	
3/8"	20	21	22	23	24	25	26	
1/2"	25	26	27	29	30	31	33	
5/8"	29	31	33	34	36	37	39	
3/4"	34	36	38	40	42	44	46	
7/8"	39	41	43	45	48	50	52	
1"	43	46	48	51	54	56	59	



**TABLA A-8**

**ANCHO MINIMO DE COLUMNA PARA UN NUMERO DADO DE VARILLAS  
POR FILA EN CM**

	4	5	6	7	8	9	10	Número de varillas
1/4"	16	17	17	18	18	20	21	
3/8"	21	22	23	24	25	27	29	
1/2"	26	27	29	30	31	34	37	
5/8"	31	33	34	36	37	41	45	
3/4"	36	38	40	42	44	48	53	
7/8"	41	43	46	48	50	55	61	
1"	46	49	51	54	57	63	69	

**TABLA A-9**

**LONGITUD DE DESARROLLO  $l_d$  EN CM PARA ACERO CORRUGADO DE REFUERZO  
SOMETIDO A TRACCION PARA ACERO  $F_Y=4200 \text{ kg/cm}^2$**

Diámetro en pulgadas	$f'_c$ en $\text{kg/cm}^2$				
	210	245	280	315	350
3/8"	35	35	35	35	35
1/2"	45	45	45	45	45
5/8"	60	60	60	60	60
3/4"	70	70	70	70	70
1"	125	115	110	105	100

$l_d \geq 30 \text{ cm}$ , para barras corrugadas en tracción  
 $l_d \geq 20 \text{ cm}$ , para barras corrugadas en compresión  
 $l_d \geq 20 \text{ cm}$ , para mallas electrosoldadas

**TABLA A-10**

**LONGITUD DE DESARROLLO  $l_d$  EN CM PARA ACERO CORRUGADO DE REFUERZO  
SOMETIDO A COMPRESION PARA ACERO  $F_Y=4200 \text{ kg/cm}^2$**

Diámetro en pulgadas	$f'_c$ en $\text{kg/cm}^2$				
	210	245	280	315	350
3/8"	25	25	25	25	25
1/2"	30	30	30	30	30
5/8"	40	35	35	30	30
3/4"	45	45	40	40	35
1"	60	55	55	50	50

**TABLA A-11**

**DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE COLUMNA**

$\epsilon_{cu}$ =	0.003
$E_s$ =	2,000,000
$\epsilon_y$ =	0.0021
$\beta_1$ =	0.850
$\phi$ =	0.9

pho bal = 2.13%  
 0.5 pho bal = 1.06%  
 0.75 pho bal = 1.59%

$f'_c = 210$
$f_y = 4,200$

$K_u = Mu / b d^2$   
 Unidades: Kg, cm  
 As = pho (b\*d)

pho	$K_u$
0.10%	3.74
0.12%	4.47
0.14%	5.20
0.16%	5.93
0.18%	6.66
0.20%	7.38
0.22%	8.10
0.24%	8.82
0.26%	9.53
0.28%	10.23
0.30%	10.94
0.32%	11.64
0.34%	12.34
0.36%	13.03
0.38%	13.72
0.40%	14.41
0.42%	15.09
0.44%	15.77
0.46%	16.44
0.48%	17.12
0.50%	17.78
0.52%	18.45
0.54%	19.11
0.56%	19.77
0.58%	20.42
0.60%	21.07
0.62%	21.72
0.64%	22.37
0.66%	23.01
0.68%	23.64
0.70%	24.27
0.72%	24.90
0.74%	25.53
0.76%	26.15
0.78%	26.77
0.80%	27.39
0.82%	28.00
0.84%	28.60
0.86%	29.21
0.88%	29.81
0.90%	30.41
0.92%	31.00
0.94%	31.59
0.96%	32.18
0.98%	32.76
1.00%	33.34
1.02%	33.92
1.04%	34.49
1.06%	35.06
1.08%	35.62
1.10%	36.18
1.12%	36.74

pho	$K_u$
1.14%	37.30
1.16%	37.85
1.18%	38.39
1.20%	38.94
1.22%	39.48
1.24%	40.01
1.26%	40.55
1.28%	41.08
1.30%	41.60
1.32%	42.12
1.34%	42.64
1.36%	43.16
1.38%	43.67
1.40%	44.18
1.42%	44.68
1.44%	45.18
1.46%	45.68
1.48%	46.17
1.50%	46.66
1.52%	47.15
1.54%	47.63
1.56%	48.11
1.58%	48.59
1.60%	49.06
1.62%	49.53
1.64%	50.00
1.66%	50.46
1.68%	50.91
1.70%	51.37
1.72%	51.82
1.74%	52.27
1.76%	52.71
1.78%	53.15
1.80%	53.59
1.82%	54.02
1.84%	54.45
1.86%	54.88
1.88%	55.30
1.90%	55.72
1.92%	56.13
1.94%	56.54
1.96%	56.95
1.98%	57.36
2.00%	57.76
2.02%	58.16
2.04%	58.55
2.06%	58.94
2.08%	59.33
2.10%	59.71
2.12%	60.09
2.14%	---
2.16%	---

0.75 Asb

Asb

Para diseño: Entrar a la tabla con  $K_u = Mu / (b d^2)$ , leer el valor de  $\rho$  y calcular  $As = \rho b d$   
 Para análisis: Entrar a la tabla con  $\rho = As / b d$  leer el valor de  $K_u$  y calcular  $Mu = K_u b d^2$

**TABLA A-12**

**DIAGRAMA DE INTERACCION DE COLUMNA**

$\epsilon_{cu}$ =	0.003
$E_s$ =	2,000,000
$\epsilon_y$ =	0.0021
$\beta_1$ =	0.850
$\phi$ =	0.9

pho bal = 2.83%  
 0.5 pho bal = 1.42%  
 0.75 pho bal = 2.13%

$f'_c$ =	280
$f_y$ =	4,200

$K_u = Mu / b d^2$   
 Unidades: Kg, cm  
 $As = \rho (b \cdot d)$

pho	$K_u$
0.10%	3.75
0.12%	4.49
0.14%	5.23
0.16%	5.96
0.18%	6.70
0.20%	7.43
0.22%	8.15
0.24%	8.88
0.26%	9.60
0.28%	10.32
0.30%	11.04
0.32%	11.75
0.34%	12.47
0.36%	13.17
0.38%	13.88
0.40%	14.58
0.42%	15.29
0.44%	15.98
0.46%	16.68
0.48%	17.37
0.50%	18.06
0.52%	18.75
0.54%	19.44
0.56%	20.12
0.58%	20.80
0.60%	21.48
0.62%	22.15
0.64%	22.82
0.66%	23.49
0.68%	24.16
0.70%	24.82
0.72%	25.48
0.74%	26.14
0.76%	26.80
0.78%	27.45
0.80%	28.10
0.82%	28.75
0.84%	29.39
0.86%	30.03
0.88%	30.67
0.90%	31.31
0.92%	31.94
0.94%	32.58
0.96%	33.20
0.98%	33.83
1.00%	34.45
1.02%	35.08
1.04%	35.69
1.06%	36.31
1.08%	36.92
1.10%	37.53
1.12%	38.14

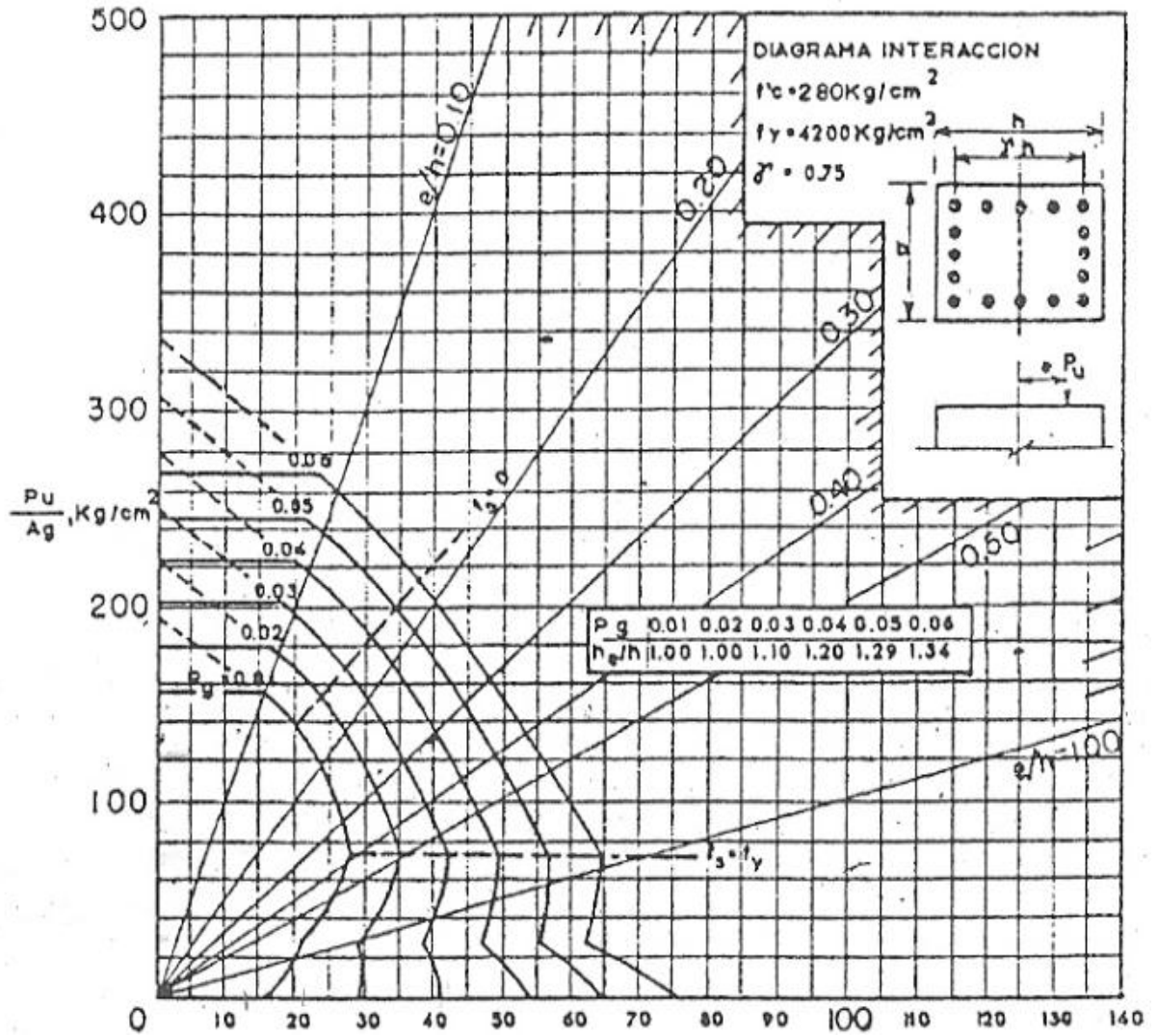
pho	$K_u$
1.14%	38.74
1.16%	39.35
1.18%	39.95
1.20%	40.54
1.22%	41.14
1.24%	41.73
1.26%	42.32
1.28%	42.90
1.30%	43.49
1.32%	44.07
1.34%	44.65
1.36%	45.22
1.38%	45.79
1.40%	46.36
1.42%	46.93
1.44%	47.50
1.46%	48.06
1.48%	48.62
1.50%	49.17
1.52%	49.73
1.54%	50.28
1.56%	50.83
1.58%	51.37
1.60%	51.92
1.62%	52.46
1.64%	52.99
1.66%	53.53
1.68%	54.06
1.70%	54.59
1.72%	55.12
1.74%	55.64
1.76%	56.17
1.78%	56.68
1.80%	57.20
1.82%	57.72
1.84%	58.23
1.86%	58.73
1.88%	59.24
1.90%	59.74
1.92%	60.24
1.94%	60.74
1.96%	61.24
1.98%	61.73
2.00%	62.22
2.02%	62.71
2.04%	63.19
2.06%	63.67
2.08%	64.15
2.10%	64.63
2.12%	65.10
2.14%	65.57
2.16%	66.04

pho	$K_u$
2.18%	66.51
2.20%	66.97
2.22%	67.43
2.24%	67.89
2.26%	68.34
2.28%	68.79
2.30%	69.24
2.32%	69.69
2.34%	70.13
2.36%	70.58
2.38%	71.01
2.40%	71.45
2.42%	71.88
2.44%	72.32
2.46%	72.74
2.48%	73.17
2.50%	73.59
2.52%	74.01
2.54%	74.43
2.56%	74.84
2.58%	75.26
2.60%	75.67
2.62%	76.07
2.64%	76.48
2.66%	76.88
2.68%	77.28
2.70%	77.67
2.72%	78.07
2.74%	78.46
2.76%	78.84
2.78%	79.23
2.80%	79.61
2.82%	79.99
2.84%	---
2.86%	---
2.88%	---
2.90%	---
2.92%	---
2.94%	---
2.96%	---
2.98%	---
3.00%	---
3.02%	---
3.04%	---
3.06%	---
3.08%	---
3.10%	---
3.12%	---
3.14%	---
3.16%	---
3.18%	---
3.20%	---

Para diseño: Entrar a la tabla con  $K_u = Mu / (b d^2)$ , leer el valor de  $\rho$  y calcular  $As = \rho b d$   
 Para análisis: Entrar a la tabla con  $\rho = As / b d$  leer el valor de  $K_u$  y calcular  $Mu = K_u b d^2$

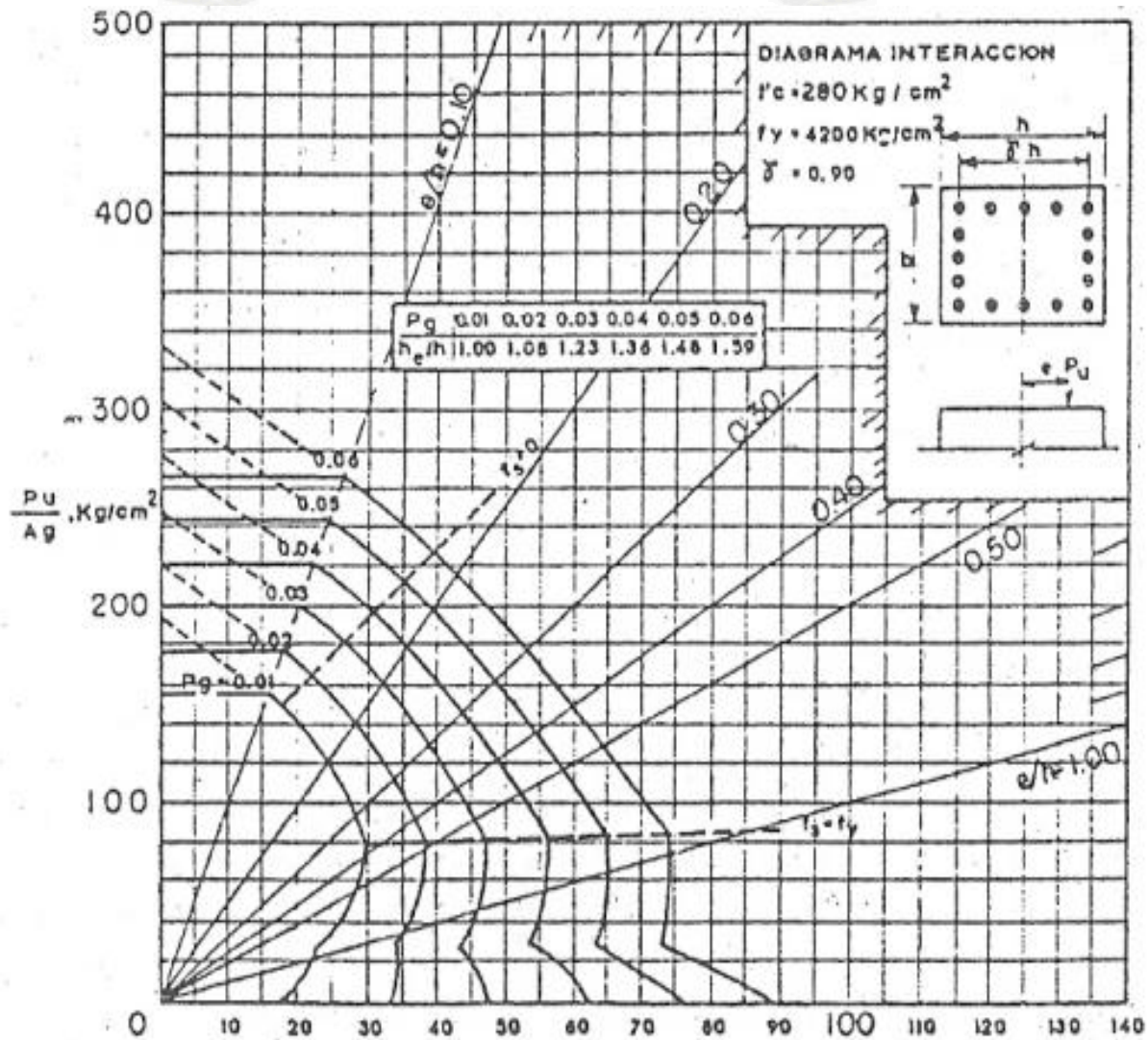
ABACO A-1

DIAGRAMA DE INTERACCION DE COLUMNA



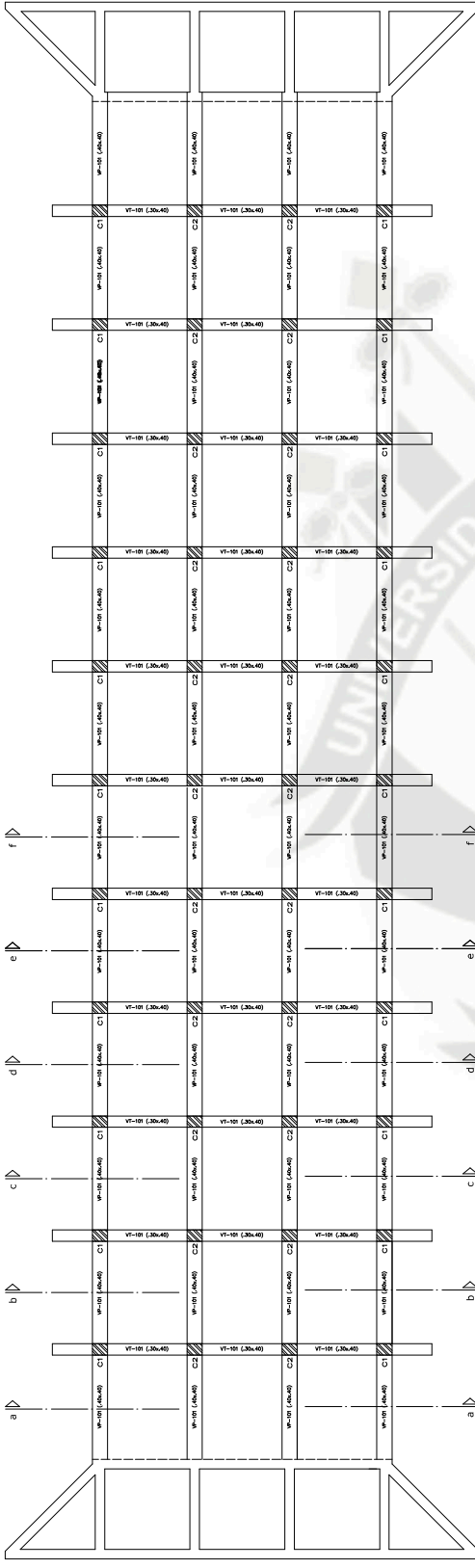
ABACO A-2

DIAGRAMA DE INTERACCION DE COLUMNA



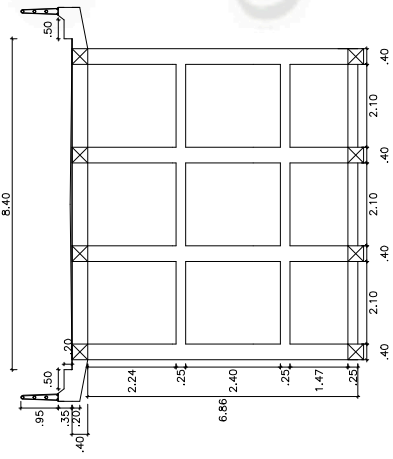




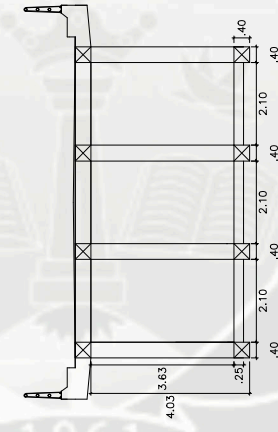


**PLANTA PUENTE ARCO**

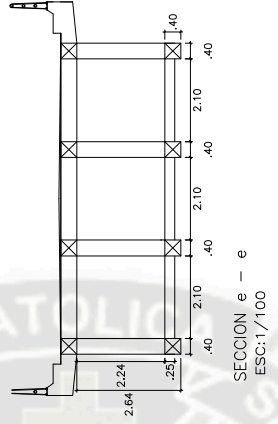
ESC. 1/100



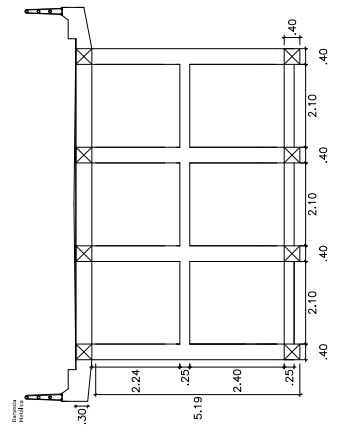
SECCION a - a  
ESC. 1/100



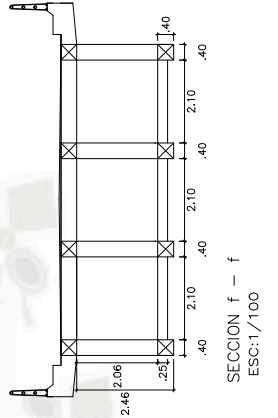
SECCION c - c  
ESC. 1/100



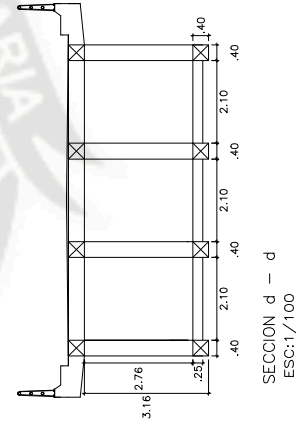
SECCION e - e  
ESC. 1/100



SECCION b - b  
ESC. 1/100

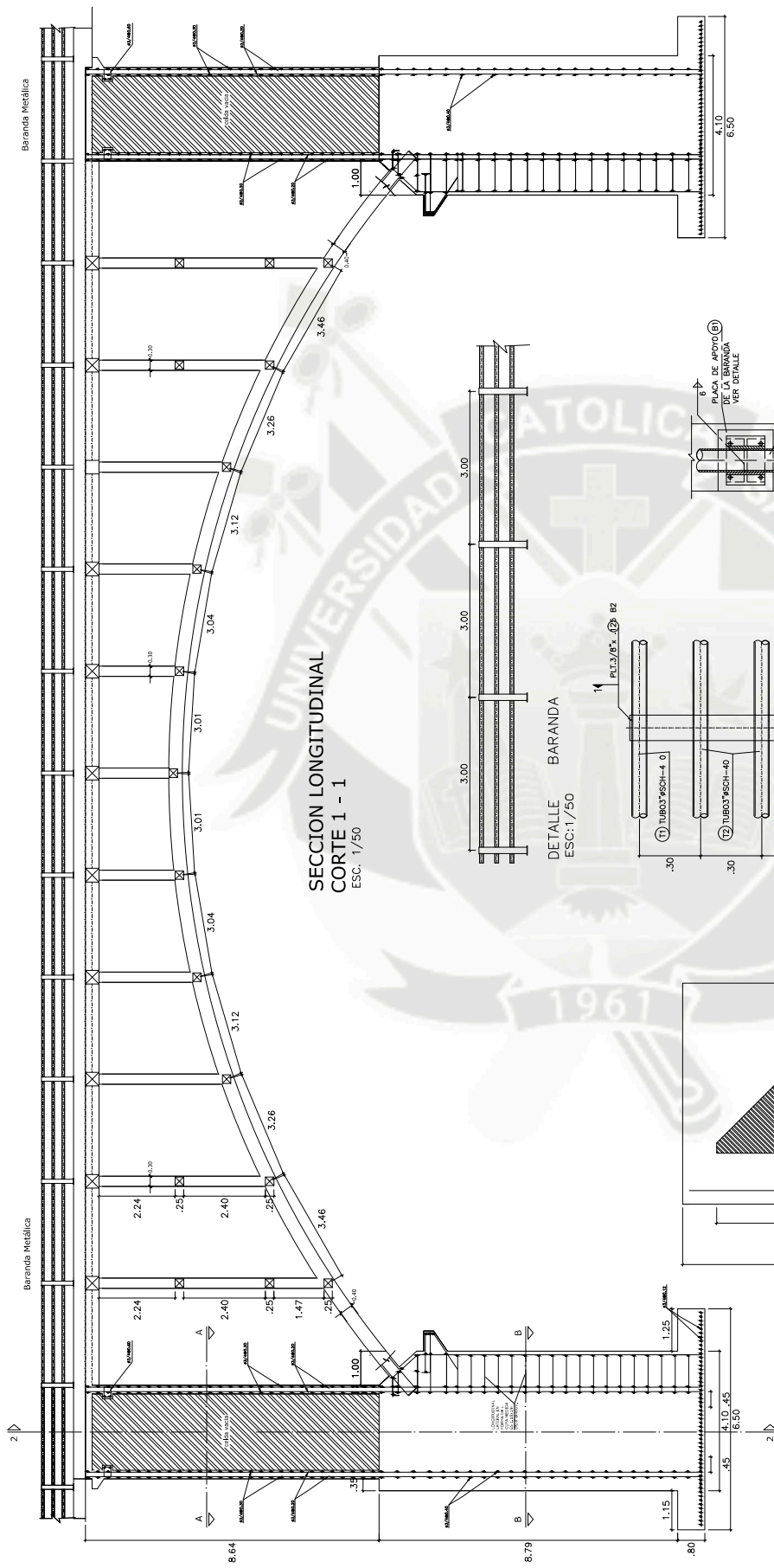


SECCION f - f  
ESC. 1/100

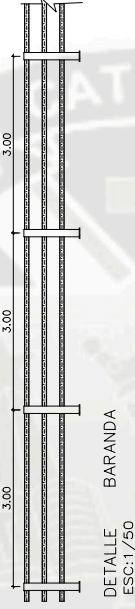


SECCION d - d  
ESC. 1/100

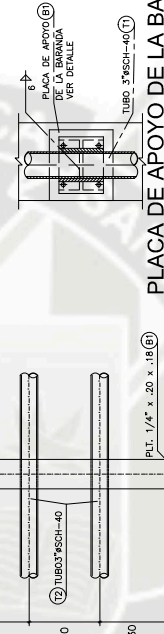
Baranda Metálica



**SECCION LONGITUDINAL  
CORTE 1 - 1**  
ESC. 1/50

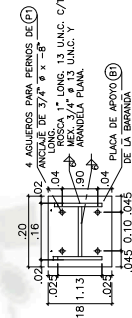


DETALLE  
BARANDA  
ESC. 1/50



ELEVACION  
ESC. 1/10

**PLACA DE APOYO DE LA BARANDA  
EMPALME DE MODULO (TIPICO)  
SECCION 3-3**  
ESC. 1/5

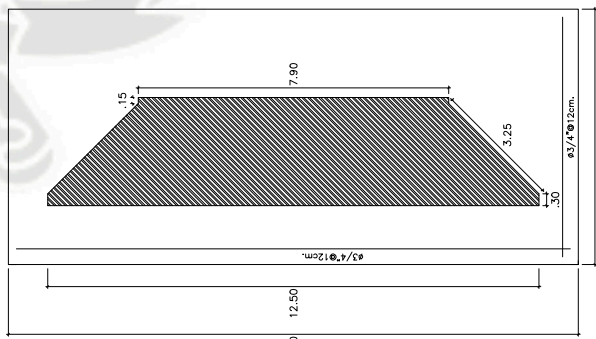


SECCION 3-3  
ESC. 1/5

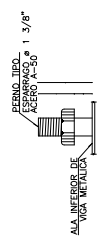
**PLACA DE APOYO DE LA BARANDA  
SECCION 2-2**  
ESC. 1/5



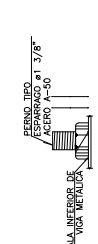
SECCION 2-2  
ESC. 1/5



ZAPATA DEL ESTRIBO



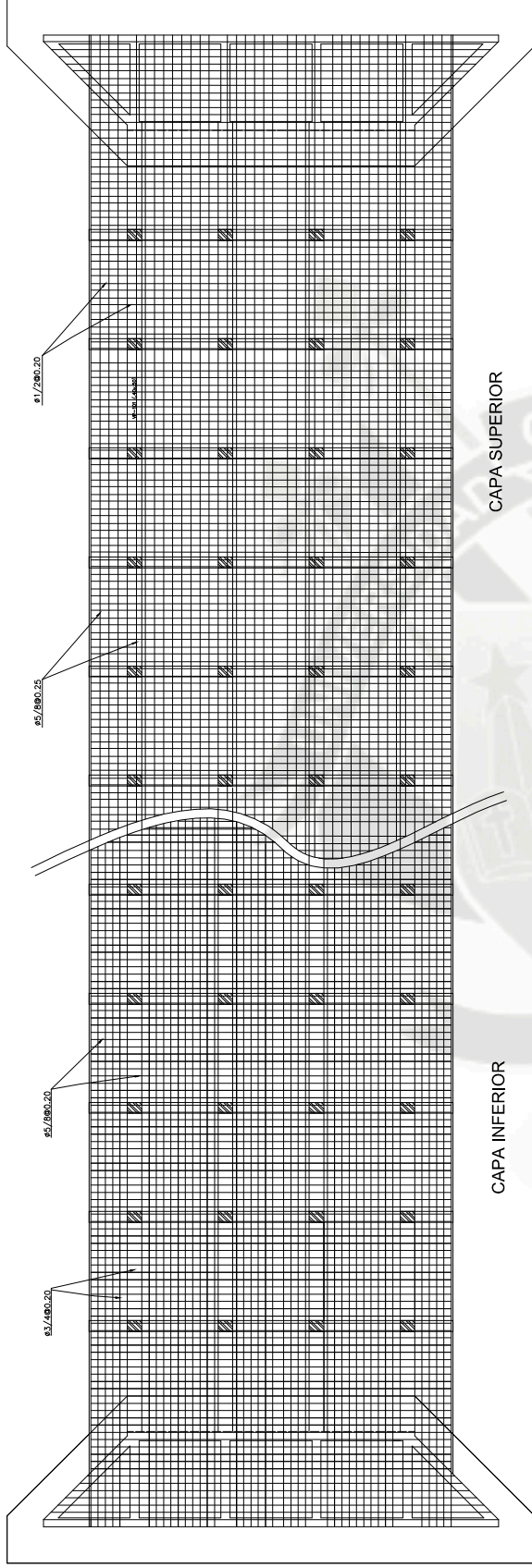
PERNO EN APOYO MOVIL  
DETALLE DE PERNOS  
ESC. 1/10



PERNO EN APOYO FIJO  
DETALLE DE PERNOS  
ESC. 1/10

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**  
- ACERO DE BARANDA Y SOPORTE A-36  
- SOPORTE DE CEMENTO DE SUELO ASTM A607  
- BARRAS DE SUELO E-60  
- BARRAS DE SUELO E-60

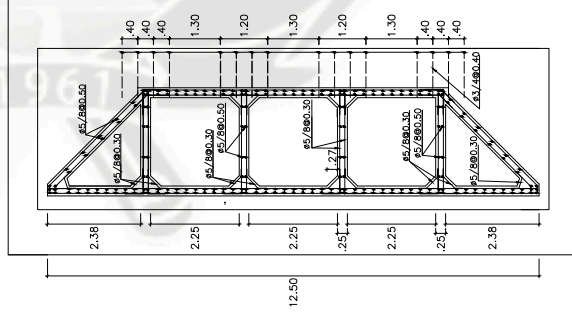
# DISTRIBUCION ACERO TABLERO SUPERIOR



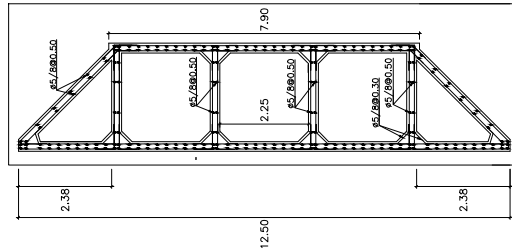
CAPA SUPERIOR

CAPA INFERIOR

SECCION B - B (CAJA DE DATOS)  
Esc.=1/100



CORTE B - B DETALLE ACERO  
Esc.=1/100

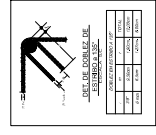


CORTE A - A DETALLE ACERO  
Esc.=1/100

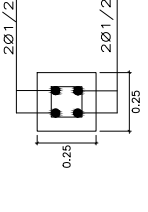
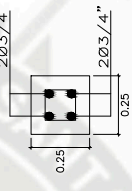
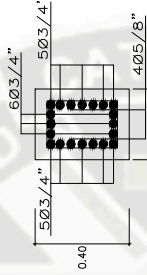
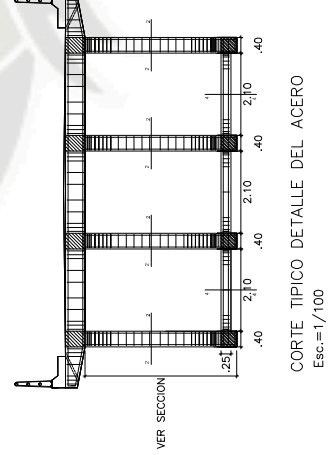
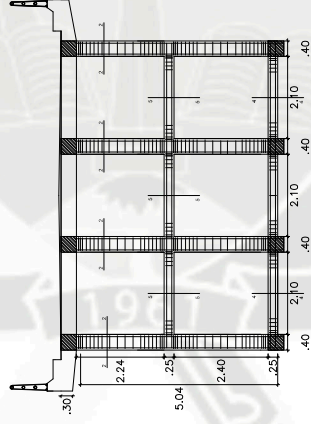
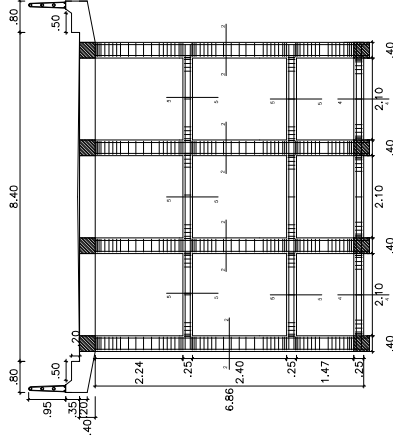
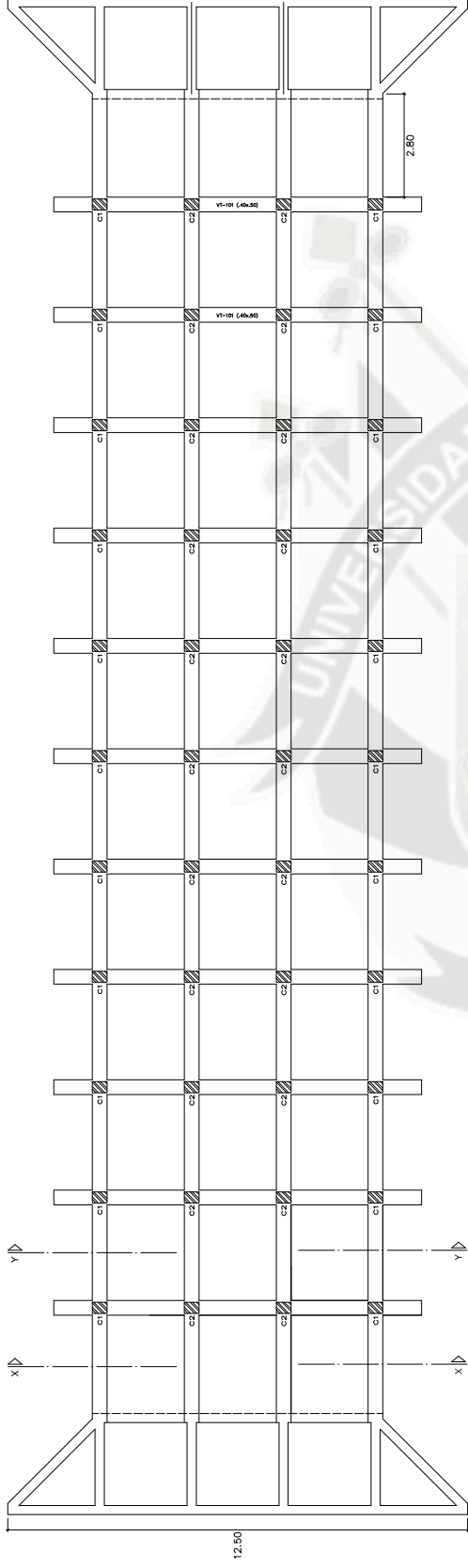


CORTE 2 - 2 DETALLE ACERO  
Esc.=1/100

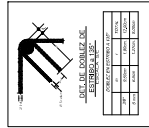
LONGITUD DE EMPALME Y GANCHO	
Ø (mm)	EMPALE (cm)
Ø5	35
Ø6	40
Ø8	50
Ø10	60
Ø12	70
Ø14	80
Ø16	90
Ø18	100
Ø20	110
Ø22	120
Ø24	130
Ø26	140
Ø28	150
Ø30	160
Ø32	170
Ø34	180
Ø36	190
Ø38	200
Ø40	210
Ø42	220
Ø44	230
Ø46	240
Ø48	250
Ø50	260
Ø52	270
Ø54	280
Ø56	290
Ø58	300
Ø60	310
Ø62	320
Ø64	330
Ø66	340
Ø68	350
Ø70	360
Ø72	370
Ø74	380
Ø76	390
Ø78	400
Ø80	410
Ø82	420
Ø84	430
Ø86	440
Ø88	450
Ø90	460
Ø92	470
Ø94	480
Ø96	490
Ø98	500
Ø100	510

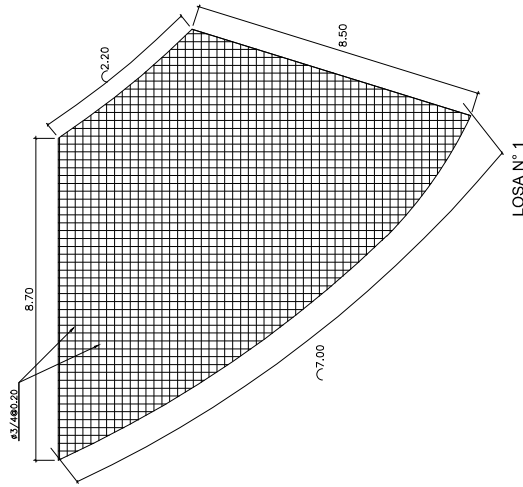
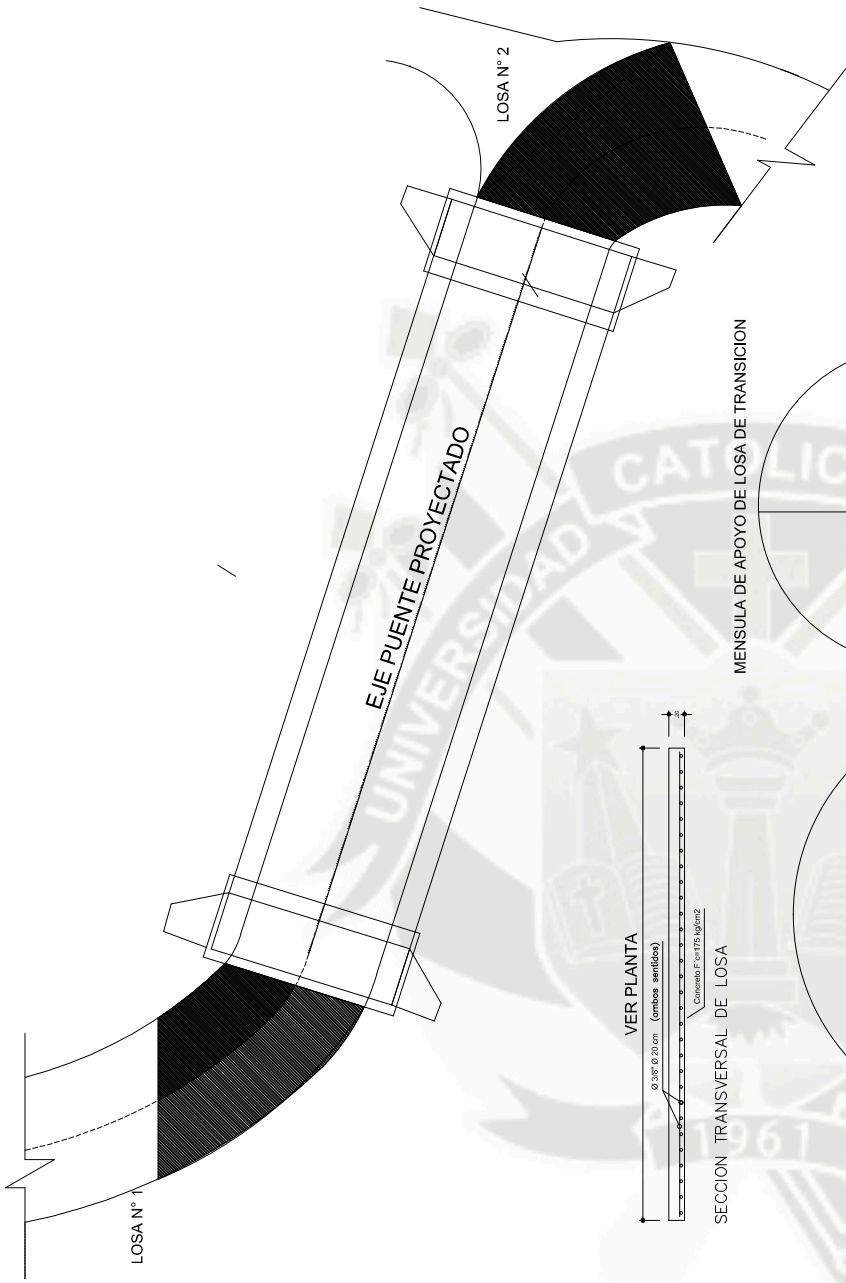




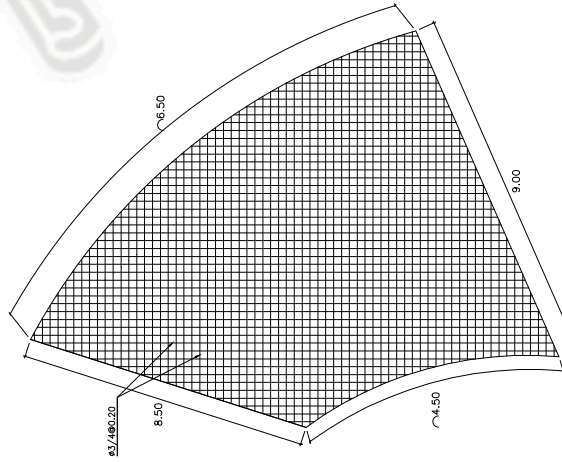


LONGITUD DE BARRAS Y GANCHOS	
# BARRAS	LONGITUD (m)
1	12.50
2	12.50
3	12.50
4	12.50
5	12.50
6	12.50
7	12.50
8	12.50
9	12.50
10	12.50
11	12.50
12	12.50
13	12.50
14	12.50
15	12.50
16	12.50
17	12.50
18	12.50
19	12.50
20	12.50
21	12.50
22	12.50
23	12.50
24	12.50
25	12.50
26	12.50
27	12.50
28	12.50
29	12.50
30	12.50
31	12.50
32	12.50
33	12.50
34	12.50
35	12.50
36	12.50
37	12.50
38	12.50
39	12.50
40	12.50
41	12.50
42	12.50
43	12.50
44	12.50
45	12.50
46	12.50
47	12.50
48	12.50
49	12.50
50	12.50
51	12.50
52	12.50
53	12.50
54	12.50
55	12.50
56	12.50
57	12.50
58	12.50
59	12.50
60	12.50
61	12.50
62	12.50
63	12.50
64	12.50
65	12.50
66	12.50
67	12.50
68	12.50
69	12.50
70	12.50
71	12.50
72	12.50
73	12.50
74	12.50
75	12.50
76	12.50
77	12.50
78	12.50
79	12.50
80	12.50
81	12.50
82	12.50
83	12.50
84	12.50
85	12.50
86	12.50
87	12.50
88	12.50
89	12.50
90	12.50
91	12.50
92	12.50
93	12.50
94	12.50
95	12.50
96	12.50
97	12.50
98	12.50
99	12.50
100	12.50





LOSA N° 1  
DETALLE DEL ACERO — DIMENSIONES  
Esc. = 1/50

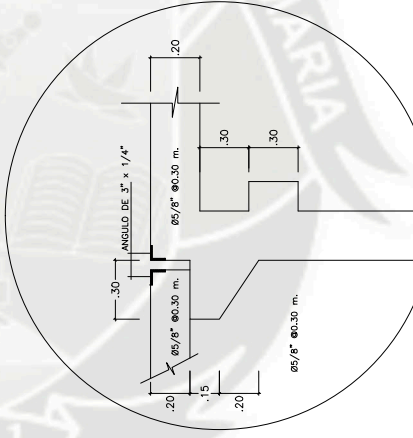


LOSA N° 2  
DETALLE DEL ACERO — DIMENSIONES  
Esc. = 1/50

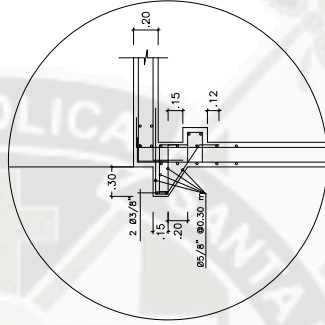


SECCION TRANSVERSAL DE LOSA

MENSULA DE APOYO DE LOSA DE TRANSICION



DETALLE Y - Y  
MENSULA DE APOYO DE LOSA DE TRANSICION  
Esc. = 1/10



DETALLE Y - Y  
MENSULA DE APOYO DE LOSA DE TRANSICION  
Esc. = 1/20

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO:	Comercial: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ $f_t = 30 \text{ kg/cm}^2$ (Ac, TPA, P)
	Cemento de alto nivel: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
	Tratamiento: vapor, agua, calientes
ACERO:	Acero Corrugado E-240 S: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
	Acero Corrugado E-240 S: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
TRABAJAPES:	$\phi 3/8"$ 48 cm
	$\phi 1/2"$ 48 cm
	$\phi 3/4"$ 48 cm
CAPACIDAD DE CARGA:	Ver Memoria de especificaciones de obras