



Universidad de Cuenca

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el obtener una solución Técnico – Constructivo mediante la prefabricación y montaje de elementos de hormigón Armado para pasos deprimidos que cumplan satisfactoriamente todos los requerimientos estructurales y viales.

Capítulo 1, Trata acerca de los antecedentes generales, los objetivos perseguidos y la metodología a desarrollar.

El capítulo 2, Se investiga los principales pasos deprimidos de la ciudad de Cuenca.

El capítulo 3, Trata acerca de la investigación del Transporte, ensamblaje y encofrados utilizados en diferentes proyectos de prefabricados y algunos ejemplos fuera del país.

El capítulo 4, Comprende la propuesta geométrica y estructural considerando despiece para su fabricación, traslado y montaje.

El capítulo 5, Modelación en un ordenador de los pasos deprimidos propuestos.

El capítulo 6, Análisis y diseño del paso deprimido, que en base a los reportes de las modelaciones se procede con los diseños, también se verá las determinantes para el diseño de la cimentación. Detallamiento de planos de diseño estructural del paso deprimido propuesto.

El capítulo 7, Evaluación Técnica-Económica en donde se comparará los diferentes pasos deprimidos en la ciudad de Cuenca.

El capítulo 8, Conclusiones y comentarios obtenidos producto de la aplicación de estas normativas.

Anexos

- Especificaciones Técnicas para elementos prefabricados en general
- Requerimientos Técnicos

PALABRAS CLAVES

Pasos deprimidos, estructuras de hormigón armado, Especificaciones AASHTO LRFD, prefabricación, especificaciones para elementos prefabricados, estructuras ovaladas.



Contenido	Página
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES GENERALES	16
1.1. Introducción.....	17
1.2. Presentación Problema.....	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Marco Conceptual.....	19
1.5. Hipótesis.....	20
1.6. Metodología.....	20
CAPÍTULO 2 PASOS DEPRIMIDOS EN LA CIUDAD DE CUENCA	21
2.1. Generalidades.....	22
2.2. Pasos deprimidos en Cuenca.....	22
2.2.1. Paso Deprimido entre la Av. 3 de Noviembre y Av. de Las Américas.....	23
2.2.2. Paso Deprimido entre la Av. 12 de Abril y Av. de Las Américas.....	24
2.2.3. Paso Deprimido Chola Cuencana.....	25
2.2.4. Paso Deprimido Parque El Paraíso.....	26
2.2.5. Paso Deprimido Control Sur – Entrada a Baños.....	27
2.2.6. Paso Deprimido Quebrada de Milchichig.....	28
2.2.7. Paso Deprimido Mall del Río.....	29
2.2.8. Paso Deprimido El Arenal.....	30
2.2.9. Paso Deprimido El Vergel.....	31
2.2.10. Paso Deprimido Todos Santos.....	32
2.2.11. Intercambiador Av. Américas y Gran Colombia.....	33
CAPÍTULO 3 CONSIDERACIONES SOBRE PREFABRICACIÓN	34



Universidad de Cuenca

3.1. Consideraciones y experiencias en diferentes partes del mundo	35
3.2. Ventajas y desventajas de la utilización de elementos prefabricados de hormigón armado en la construcción de los pasos deprimidos	44
3.3. Transporte.....	44
3.4. Ensamblaje de las estructuras prefabricadas.....	46
3.5. Elementos de izado y traslación	48
3.6. Encofrados.....	49
3.6.1. Consideraciones generales	49
3.6.2. Encofrados horizontales.....	50
3.6.3. Encofrados verticales	51
3.6.4. Encofrados utilizados para la fabricación de vigas de apoyo en puentes	52
3.6.5. Sistemas de encofrado para grandes superficies	52
3.6.6. Unidades auxiliares.....	53
CAPÍTULO 4: PROPUESTA GEOMÉTRICA Y ESTRUCTURAL CONSIDERANDO DESPIECE PARA SU FABRICACIÓN, TRASLADO Y MONTAJE.....	55
4.1. Evolución de la forma y sistema constructivo.....	56
4.1.1. Pórticos de hormigón armado	56
4.1.2. Pórticos de hormigón armado con losa prefabricada	57
4.1.3. Justificación para la utilización de una estructura curva	59
4.2. Análisis de la forma	61
4.2.1. Pórticos de hormigón armado sin articulaciones.....	62
4.2.2. Pórticos de hormigón armado con 3 articulaciones	64
4.2.3. Pórticos de hormigón armado con 2 articulaciones	65
4.3. División de la estructura para prefabricación.....	66
4.4. Despiece de cada elemento.....	69
4.4.1. Zapatas	69
4.4.2. Muros	69
4.4.3. Losa superior	70



4.5. Despiece de las secciones para cada elemento	70
4.6. Juntas o uniones.....	71
CAPÍTULO 5: MODELACIÓN EN ORDENADOR.....	74
5.1. Programa de análisis SAP2000, alternativas de modelamiento	75
5.2. Preparación de la información para uso del programa	77
5.3. Proceso de modelamiento	78
5.3.1. Importación desde Excel al programa SAP2000.....	78
5.4. Aspectos generales para el modelamiento	80
5.4.1. Combinaciones de cargas para diseño.....	80
5.4.2. Propiedades de los materiales y cargas a utilizar en el diseño	82
5.4.2.1. Carga muerta.....	82
5.4.2.2. Carga viva	82
5.4.2.3. Impacto o efecto dinámico de las cargas vivas.....	83
5.4.2.4. Carga Sísmica.....	83
5.4.3. Hipótesis de carga	84
5.4.4. Cálculo del coeficiente de balasto	84
5.5. Análisis de la estructura mediante la ejecución del programa SAP2000.....	86
5.6. Cálculo de las cargas debido al relleno.....	87
5.7. Resultados gráficos obtenidos	88
5.8. Reporte de reacciones en zapatas.....	89
CAPITULO 6: DISEÑO Y DETALLAMIENTO DE PLANOS.....	91
6.1. Resultados del computador.....	92
6.2. Diseño estructural.....	92
6.3. Análisis de muros	92
6.4. Diseño de unión de muro con losa superior	96



Universidad de Cuenca

6.5. Diseño de zapata	97
6.6. Diseño de muro	99
6.7. Planos de diseño del paso deprimido	101
6.8. Soluciones de transporte.....	107
6.8.1. Peso de cada elemento estructural del paso deprimido propuesto.....	107
6.9. Planos para el transporte.....	110
CAPITULO 7: EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA	111
7.1. Paso deprimido vehicular Av. 3 de Noviembre y Américas.....	112
7.2. Paso deprimido vehicular Av. 12 de Abril y Américas	113
7.3. Paso deprimido vehicular Milchichig	114
7.4. Paso deprimido vehicular Control Sur	115
7.5. Intercambiador Av. Las Américas y Gran Colombia.....	116
7.6. Paso deprimido vehicular propuesto	118
7.7. Resumen de costos de evaluación Técnica Económica	123
CAPITULO 8: CONCLUSIONES	124
ANEXO 1: ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA ELEMENTOS PREFABRICADOS EN GENERAL.....	128
A.1.1. Descripción	129
A.1.2. Requisitos generales	129
A.1.3. Características de la prefabricación	130
A.1.3.1 Tipos de elementos prefabricados en concreto	130
A.1.4. Juntas o uniones	130



Universidad de Cuenca

A.1.5. Procedimiento constructivo	131
A.1.5.1 Planificación	131
A.1.5.2 Equipos	131
A.1.5.3 Fabricación	132
A.1.5.4. Unidades de medición y pago	132
A.1.6. Juntas de dilatación	133
A.1.6.1. Descripción.....	133
A.1.6.2. Ventajas de instalación	133
A.1.6.3. Materiales, herramientas y equipos.....	133
A.1.6.4. Procedimiento constructivo	133
A.1.6.5. Unidades de medición y pago	134
A.1.6.7. Manipulación	134
A.1.7. Inspección y mantenimiento.....	134
A.1.8. Uniones de esquinas	135
ANEXO 2: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.....	136
A.2.1. Diseño a última resistencia aplicada a puentes y pasos deprimidos	
AASHTO LRFD 2004.....	137
A.2.1.1 Aspectos generales	137
A.2.2. Filosofía de diseño.....	137
A.2.2.1. Estados límites.....	137
A.2.3. Criterios de diseño.....	138
A.2.3.1. Criterio por deformación	138
A.2.3.2. Factores de carga y resistencia	139
A.2.4. Diseño de la cimentación	148
A.2.4.1. Introducción.....	148
A.2.4.2. Consideraciones sobre la elección del coeficiente de balasto	151
BIBLIOGRAFÍA.....	157



Universidad de Cuenca



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Nardo Gabriel Bacuilima Alvarracín, autor de la tesis "Propuesta de paso deprimido de sección curva realizado con elementos de hormigón armado prefabricado", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 23 de Octubre del 2012

Ing. Gabriel Bacuilima Alvarracín.
010433991-6

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador



Universidad de Cuenca



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Nardo Gabriel Bacuilima Alvarracín, autor de la tesis "Propuesta de paso deprimido de sección curva realizado con elementos de hormigón armado prefabricado", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Especialista en Estructuras. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afeción alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 23 de Octubre del 2012

Ing. Gabriel Bacuilima Alvarracín.
010433991-6

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



Universidad de Cuenca

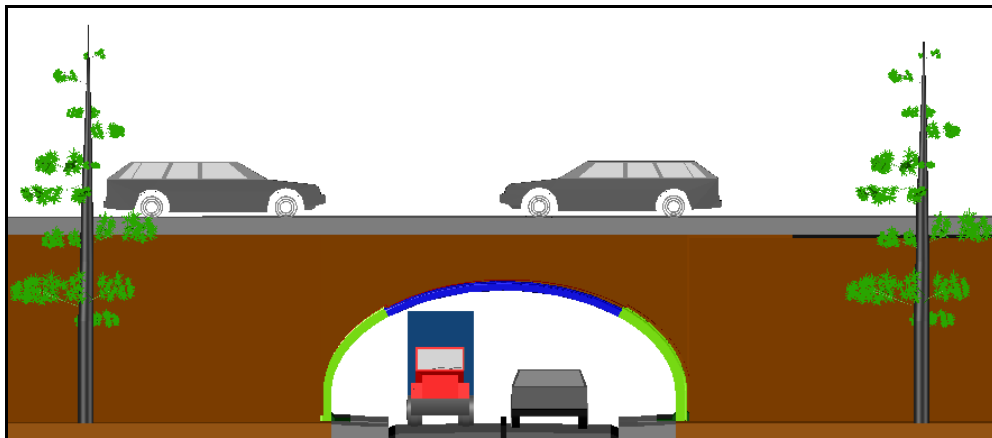
UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA
fundada en 1867

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

***PROPUESTA DE PASO DEPRIMIDO DE SECCIÓN CURVA REALIZADO
CON ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO PREFABRICADO***



Autor:

Nardo Gabriel Bacuilima Alvarracín

Tutor:

Dr. Ing. Fernando Zalamea

**Disertación de la Monografía, presentada a la Facultad de Ingeniería
para la obtención del
Título de Especialista en Estructuras**

Cuenca, Ecuador

Octubre del 2012



Universidad de Cuenca

Agradecimiento:

La valoración de las personas se realiza de acuerdo a sus cualidades, agradezco:

A Dios por darme unos padres que me han formado y apoyado toda la vida, a mis hermanos por su apoyo incondicional y amigos quienes siempre están en comunicación.

Agradezco a mi esposa Lorena quien me apoya en todo momento.

A mi Tutor Dr. Ing. Fernando Zalamea quien se preocupó y estuvo pendiente guiándome y orientándome en la presentación de este trabajo.



Universidad de Cuenca

Dedicatoria:

Dedico el presente trabajo a Dios por estar conmigo en cada paso que doy y darme las fuerzas necesarias para continuar luchando días tras día y seguir adelante.

A mis padres por darme la vida y por apoyarme siempre brindándome ejemplos a seguir para que lograra alcanzar mis metas propuestas.

A mi esposa por comprenderme, apoyarme y acompañarme en cada trayecto de mi vida.



SUMARIO

La presente monografía se ha dividido en ocho capítulos.

Capítulo 1

Trata acerca de los antecedentes generales, los objetivos perseguidos y la metodología a desarrollar.

El capítulo 2

Se investiga los principales pasos deprimidos de la ciudad de Cuenca.

El capítulo 3

Trata acerca de la investigación del Transporte, ensamblaje y encofrados utilizados en diferentes proyectos de prefabricados y algunos ejemplos fuera del país.

El capítulo 4

Comprende la propuesta geométrica y estructural considerando despiece para su fabricación, traslado y montaje.

El capítulo 5

Modelación en un ordenador de los pasos deprimidos propuestos.

El capítulo 6

Análisis y diseño del paso deprimido, que en base a los reportes de las modelaciones se procede con los diseños, también se verá las determinantes para el diseño de la cimentación.



Universidad de Cuenca

Detallamiento de planos del diseño estructural del paso deprimido propuesto.

El capítulo 7

Evaluación Técnica-Económica en donde se comparará los diferentes pasos deprimidos en la ciudad de Cuenca.

El capítulo 8

Conclusiones y comentarios obtenidos producto de la aplicación de estas normativas.

Anexos

-Especificaciones técnicas para elementos prefabricados en general.

-Metodología de diseño **AASHTO LRFD** a tensión última en el cálculo de los pasos. Se detallan los tipos de carga y criterios de diseño de aplicación de esta normativa, criterios para una buena cimentación y el coeficiente de balasto.



Simbología

A = Parámetro de flexión definido por la AASHTO.

A_s = área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción, mm².

A_s' = área del refuerzo longitudinal a compresión, mm².

A_{sh} = área total de refuerzo transversal (incluyendo ganchos suplementarios) colocado dentro del espaciamiento s y perpendicular a la dimensión bc , mm²

$A_{s,min}$ = área mínima de refuerzo de flexión, mm².

A_{st} = área total de refuerzo longitudinal no preesforzado (barras o perfiles de acero), mm².

A_v = área de refuerzo de cortante con un espaciamiento s , mm².

A_g = Área bruta de una sección (cm²).

A_n = Área nominal del elemento (cm²).

b_o = perímetro de la sección crítica para cortante en losas y zapatas, mm.

B = Ancho de las secciones de hormigón (cm).

b = Ancho de un elemento a compresión (cm).

ca_i = Camión de diseño HS20-44 en la posición $i = 1, 2, \dots, 46$, según corresponda.

CI = Clasificación por importancia de los puentes.

C_d = Factor de modificación por efecto del tipo de plataforma definido por la AASHTO.

C_t = Factor de modificación por efecto del tiempo definido por la AASHTO.

C_g = Factor de estabilidad de la viga en flexión definida por la AASHTO.

C = Coeficiente de las conexiones equivalente a la carga última dividida por la resistencia del elemento.

Ch = Factor de modificación por geometría de la distribución de los conectores en la conexión.

D = Diámetro de la sección del Acero de refuerzo (mm).

D = Cizalle compuesto.

E_c = módulo de elasticidad del concreto, MPa.

E_s = módulo de elasticidad del refuerzo y del acero estructural, MPa.

e_x = Excentricidad horizontal de la carga P_u respecto del centro de gravedad (mm).

$f_{t,o,d}$ = Tensión de diseño en tracción del elemento (Kg / cm²).

$f_{c,o,d}$ = Tensión de diseño en compresión del elemento (Kg / cm²).

f_r = módulo de ruptura del concreto, MPa.

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo, MPa.

h = Altura de un elemento (cm).

H = Altura total de las estructuras (cm).



Universidad de Cuenca

H = cargas debidas al peso y empuje del suelo, del agua en el suelo, u otros materiales, o momentos y fuerzas internas correspondientes.

K_h = Coeficiente sísmico horizontal.

L = cargas vivas, o momentos y fuerzas internas correspondientes.

L = Longitud de los elementos en estudio.

L_e = longitud efectiva no apoyada (mm).

M = Momento flector actuante sobre el tablero.

N = Carga última normal de compresión o tracción en el punto que se analiza (N).

P_n = Resistencia nominal a compresión o tracción del elemento (N).

P_u = Carga axial ultima mayorada de compresión sobre el elemento (N).

ϕM_n = Resistencia minorizada a flexión del elemento (N*m).

$P_u/\phi * P_n$ = Rendimiento para el diseño a compresión del elemento.

Peso = Peso por unidad de longitud del (Kg/m).

P = Peso propio de los elementos estructurales y no estructurales.

P = carga de eje (N).

S = Coeficiente de suelo definida.

S = Cizalle simple.

S = separación de los elementos de apoyo (mm).

S_t = Área de la sección transversal analizada (mm²).

Sistema Tándem = Conjunto de dos ejes consecutivos que se consideran cargados simultáneamente (N).

Sistema UDL = Sistema de carga uniformemente distribuida con valor de peso por metro cuadrado de carril (N).

T = Momento torsor actuante sobre el elemento (N*m).

α_Q (Alfa Q) = Factor de ajuste de las cargas en función del tráfico esperado, se aplica sobre el sistema tándem.

α_q = Factor de ajuste de las cargas en función del tráfico esperado.

V_n = Resistencia nominal minorizada a corte de un elemento (N).

$W_{x,y}$ = Módulo de flexión de la sección transversal neta, determinado con respecto al eje axial (mm³).

X = distancia entre la carga y el punto de apoyo (mm).

Y_M = Coeficiente parcial de seguridad para la propiedad del material, para combinaciones accidentales se considera un valor unitario.



Universidad de Cuenca

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES GENERALES



1.1. Introducción

Las ciudades tienen una gran demanda de obras direccionadas a mejorar la movilidad, entre estas se encuentran los pasos deprimidos.

Lo que impulsa cada vez a desarrollar nuevas técnicas de construcción. Una de las formas de facilitar y disminuir tiempos de construcción es el uso de elementos prefabricados.

En la actualidad el MTOP está construyendo y mejorando la mayor parte de las vías del país, en las que se requiere la construcción de pasos deprimidos. En los países más desarrollados, dichos pasos deprimidos se construyen de forma industrializada mediante la utilización de elementos prefabricados.

En correspondencia a lo indicado anteriormente, las tecnologías de construcción que utilizan elementos prefabricados, en este caso de hormigón armado, tienen la posibilidad de resultar más ventajosas que la de construcción tradicional, hormigonadas in situ.

En el país, solo se construyen pasos deprimidos de sección recta, cuando en otros países se los realiza de diferentes formas. En especial; circulares, ovaladas, etc. Formas relacionadas con las usuales de los túneles, puesto que dichos pasos deprimidos pueden ser considerados como túneles de pequeña longitud.

1.2. Presentación Problema

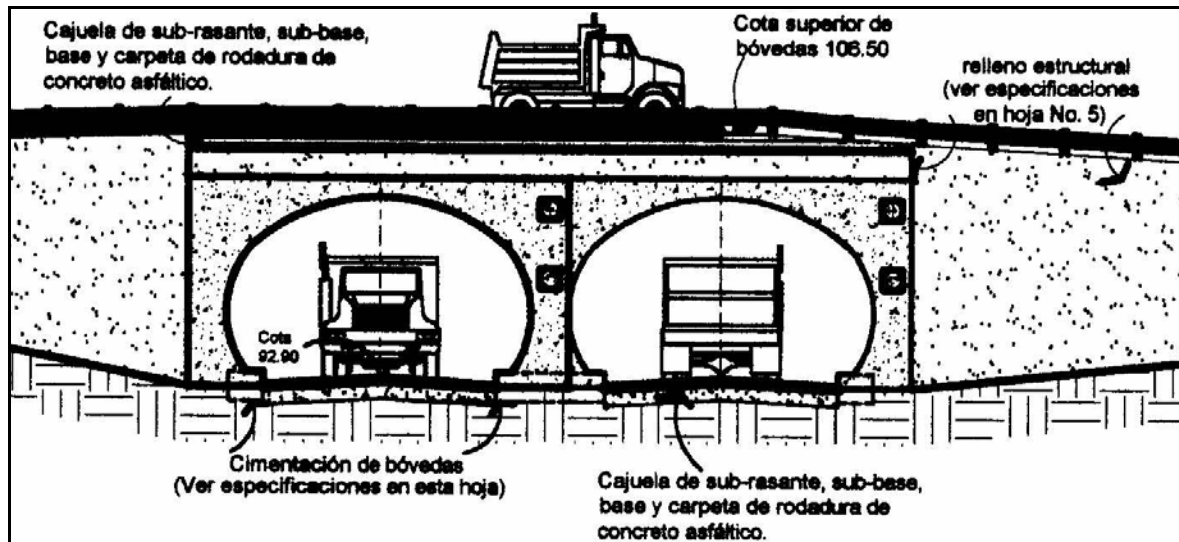
PROBLEMA:

La situación actual de las redes viales en nuestro país se caracteriza por que en las vías de alta velocidad hay arterias que interrumpen la comunicación.

Frente a este problema se construye pasos con muros y vigas rectas.



Se propone incursionar en nuevas alternativas de solución basada en formas ovaladas y con el uso de elementos prefabricados tal como se presenta en la siguiente figura. Solución que se ha utilizado con éxito en otros países.



*Fig. 1.3.1: Paso a desnivel con doble bóveda
San Carlos de Guatemala*

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Obtener una solución Técnico – Constructivo mediante la prefabricación y montaje de elementos de hormigón Armado para pasos deprimidos que cumplan satisfactoriamente todos los requerimientos estructurales y viales.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Investigación de la actualidad de los pasos deprimidos
2. Ventajas de la utilización de elementos prefabricados.
3. Establecer una alternativa para un paso deprimido (sección curva).
4. Explorar el uso de prefabricación con el interés de reducir tiempos de construcción.



5. Establecer las solicitudes y requerimientos que debe cumplir la estructura propuesta.
6. Realizar el análisis estructural para el cálculo de los esfuerzos y deformaciones de la estructura.
7. Realizar el Diseño Estructural.
8. Dar respuestas de dimensiones de prefabricación, transporte, montaje y detalles de conexiones.
9. Realizar una evaluación Técnica – Económica que sustente la solución obtenida.

1.4. Marco Conceptual

Para el diseño se debe considerar las normativas existentes para el material y tipo de estructuras, como lo es el AASHTO o el ACI – 343. Dicho diseño debe considerar la manera constructiva de cada una de las partes y el montaje en obra de la estructura.

La determinación del comportamiento de la estructura se determina mediante una apropiada idealización de la geometría, materiales y cargas relevantes que actúan sobre la misma. Dicha idealización se concibe sobre la base de programas de cálculo especializados para este fin. A través de dicha idealización se determina las deformaciones y los esfuerzos que actúan en los diferentes elementos. Esto a su vez, permitirá optimizar la estructura.

Para que el proceso constructivo pueda ser realizado apropiadamente se debe establecer las especificaciones constructivas de estos pasos. Naturalmente para este tema se deberá considerar las Especificaciones para caminos y puentes del MTOP.



1.5. Hipótesis

- Si se establece una forma más eficiente para pasar bajo una vía, entonces se obtendrá soluciones más económicas.
- Si se utiliza elementos prefabricados, se reducirá tiempo de la construcción.

1.6. Metodología

Las actividades principales, no necesariamente en secuencia, son las siguientes:

- Revisar y recopilar información relativa al tema, con el fin de lograr el conocimiento local sobre el tema.
- Analizar y definir una forma apropiada para los pasos deprimidos.
- Realizar modelos en ordenador con software Sap2000, para la obtención del comportamiento de la estructura.
- Proponer descomposición en elementos que puedan ser prefabricados, detallando adecuadamente las conexiones.
- Realizar un diseño estructural que considere prefabricación, transporte y montaje.
- Ejecutar una evaluación Técnica – Económica.



Universidad de Cuenca

CAPÍTULO 2

PASOS DEPRIMIDOS EN LA CIUDAD DE CUENCA



2.1. Generalidades

Los pasos a desnivel y deprimidos se proyectan para facilitar el paso de tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes. También puede ser la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Un paso a desnivel se construye para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes.

2.2. Pasos deprimidos en Cuenca

En la Ciudad de Cuenca se han construido algunos pasos deprimidos, otros se están construyendo en la actualidad y se tienen proyectos para el futuro, por lo que se ve que es la forma más común de solucionar los problemas de tráfico.

La mayor parte de pasos deprimidos en Cuenca son construidos in situ, algunos proyectos nuevos se han incorporado con losetas prefabricadas.

A continuación se presentan los principales pasos deprimidos en Cuenca:



Universidad de Cuenca

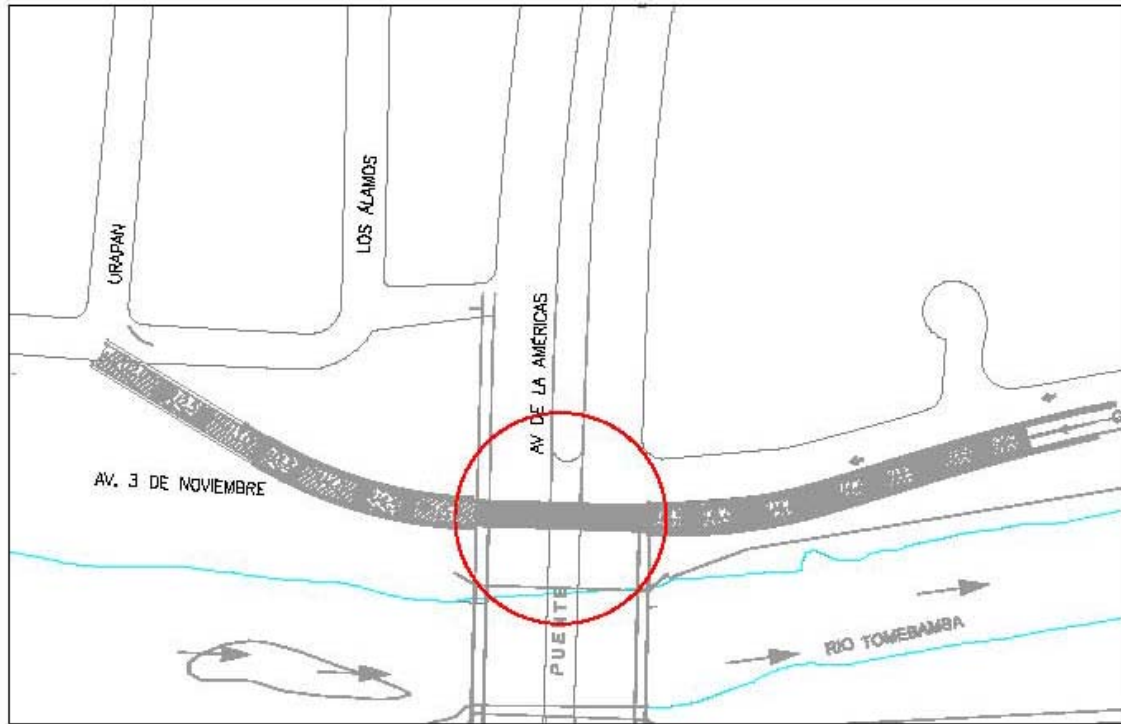
2.2.1. Paso Deprimido entre la Av. 3 de Noviembre y Av. de Las Américas

PASO DEPRIMIDO ENTRE LA AV. 3 DE NOVIEMBRE Y LA AV. DE LAS AMERICAS

ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y LOSA SUPERIOR PREFABRICADA - PRETENSADA

DISEÑADO POR: ING. FABIAN CARRASCO C.

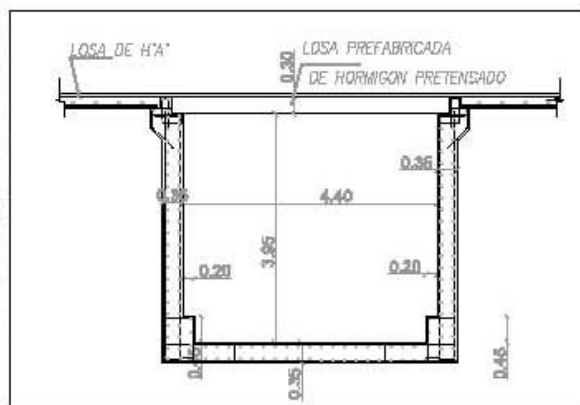
FECHA DE DISEÑO: ABRIL - 2004



UBICACION
Escala 1:1000



FOTO

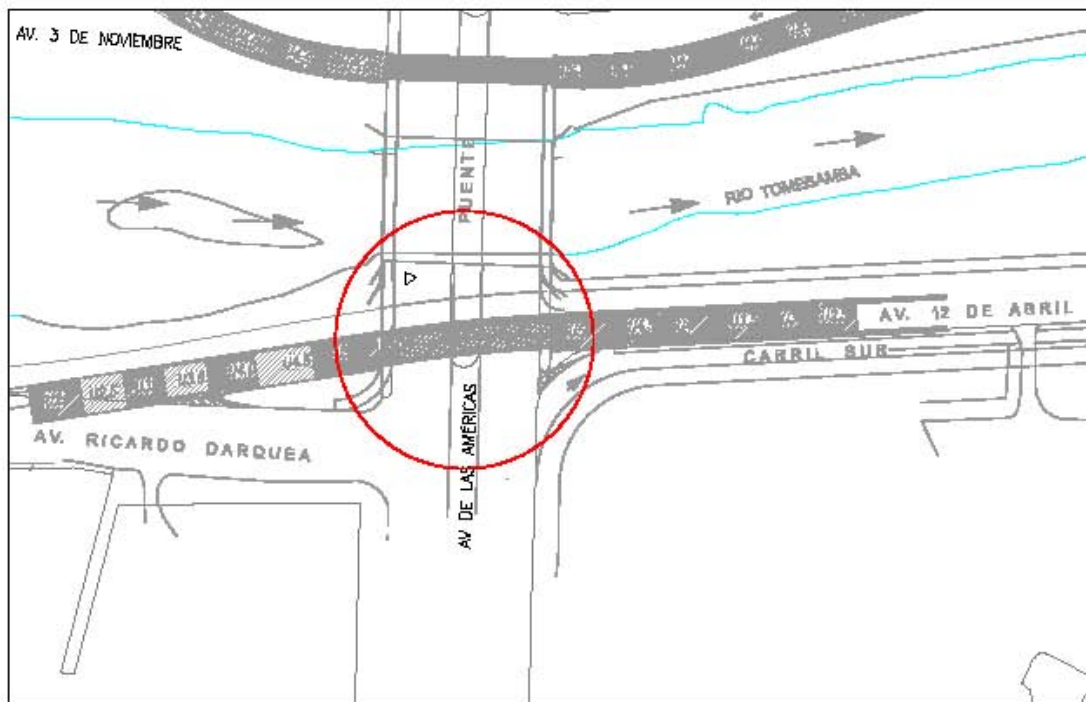


CORTE
Escala 1:100



2.2.2. Paso Deprimido entre la Av. 12 de Abril y Av. de Las Américas

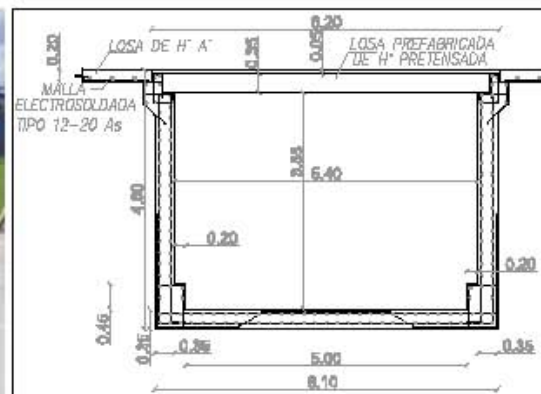
PASO DEPRIMIDO ENTRE LA AV. 12 DE ABRIL Y LA AV. DE LAS AMERICAS
ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y LOSA SUPERIOR PREFABRICADA - PRETENSADA
DISEÑADO POR: ING. FABIAN CARRASCO C.
FECHA DE DISEÑO: ABRIL - 2004



UBICACION
Escala 1:1000



FOTO

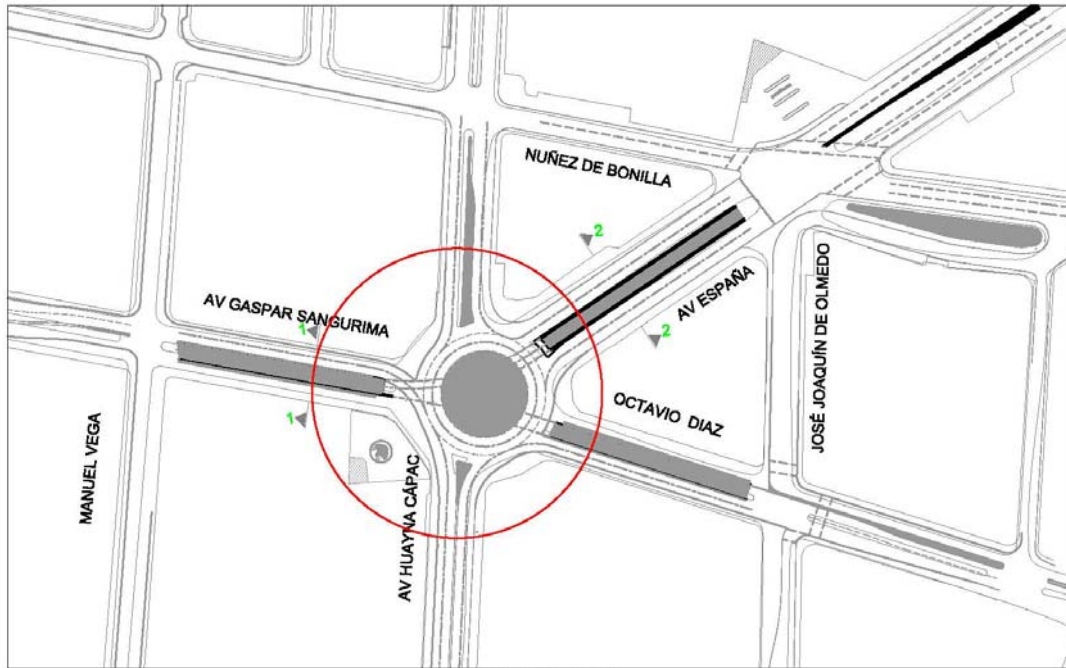


CORTE
Escala 1:100



2.2.3. Paso Deprimido Chola Cuencana

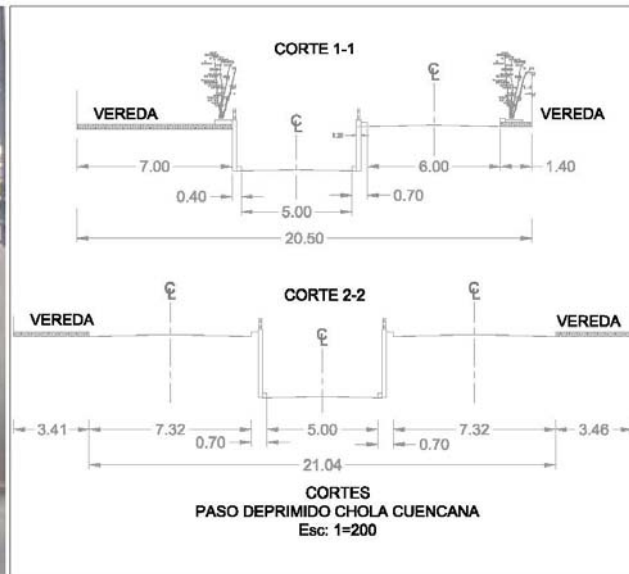
PASO DEPRIMIDO CHOLA CUENCANA
ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO
FECHA DE DISEÑO: 2003 - 2004



UBICACION
Escala 1:2000



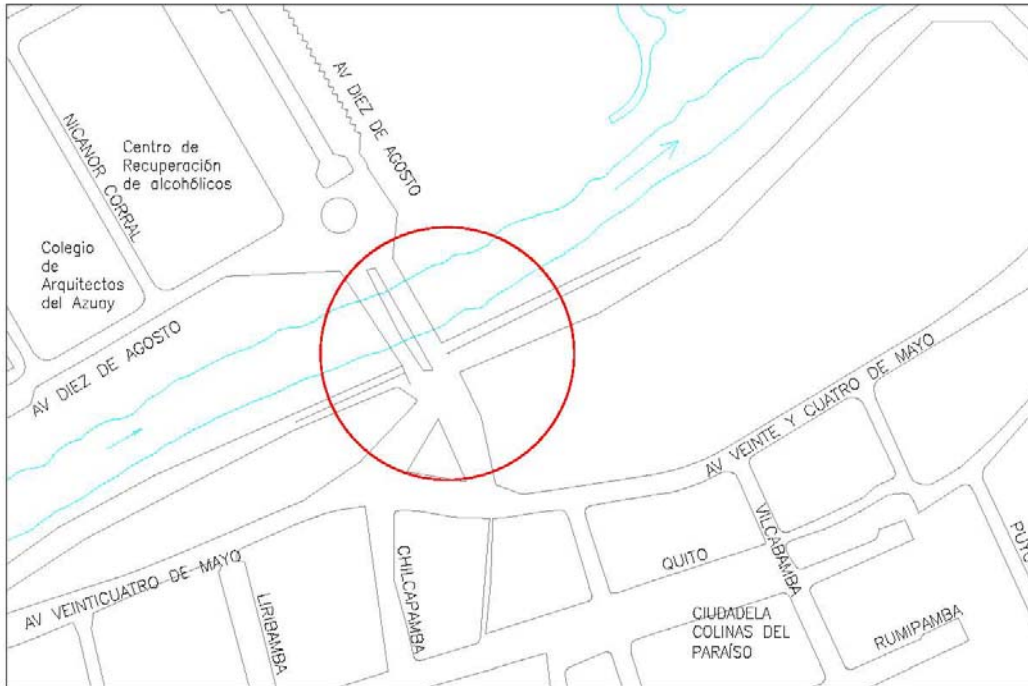
FOTO





2.2.4. Paso Deprimido Parque El Paraíso

PASO DEPRIMIDO SECTOR "PARQUE EL PARAISO"
ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO



UBICACION
Escala 1:2500



FOTO 1

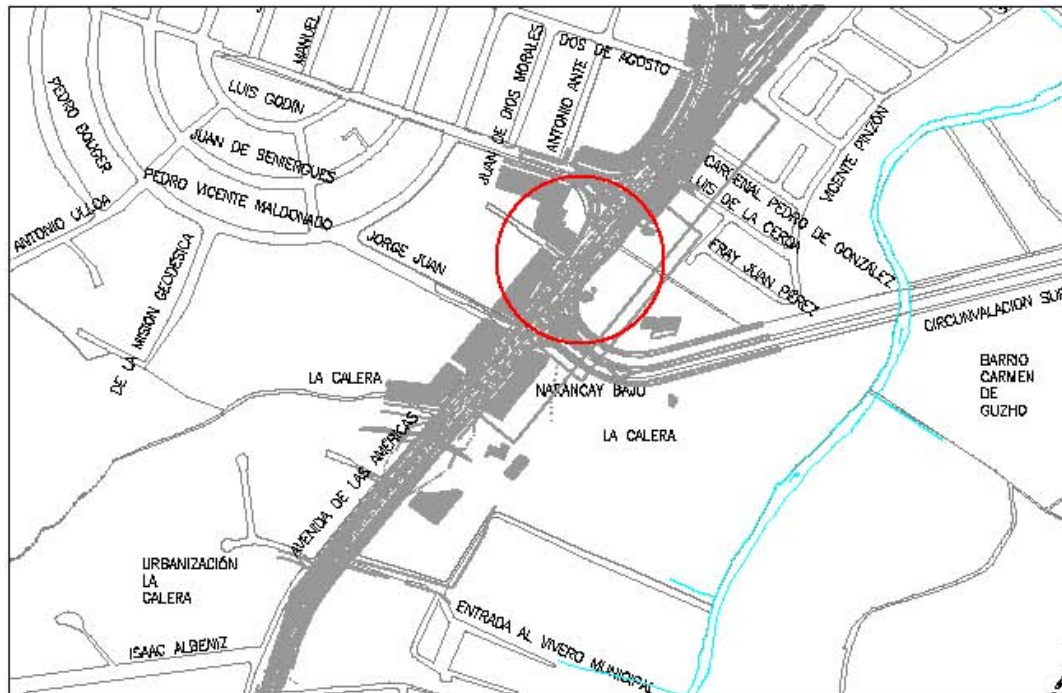


FOTO 2



2.2.5. Paso Deprimido Control Sur – Entrada a Baños

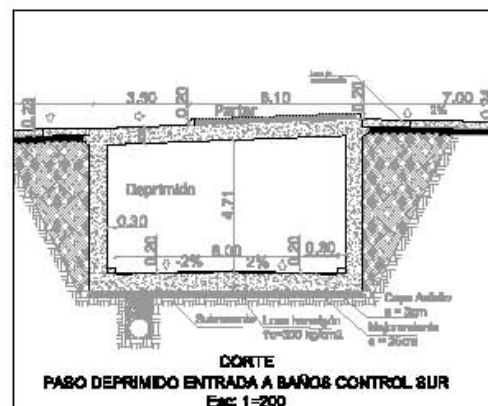
PASO DEPRIMIDO ENTRADA A BAÑOS CONTROL SUR
ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO
DISEÑADO POR: ING. JULIO C. MONCAYO C.
FECHA DE DISEÑO: AGOSTO - 2006



UBICACION
Escala 1:8000



FOTO





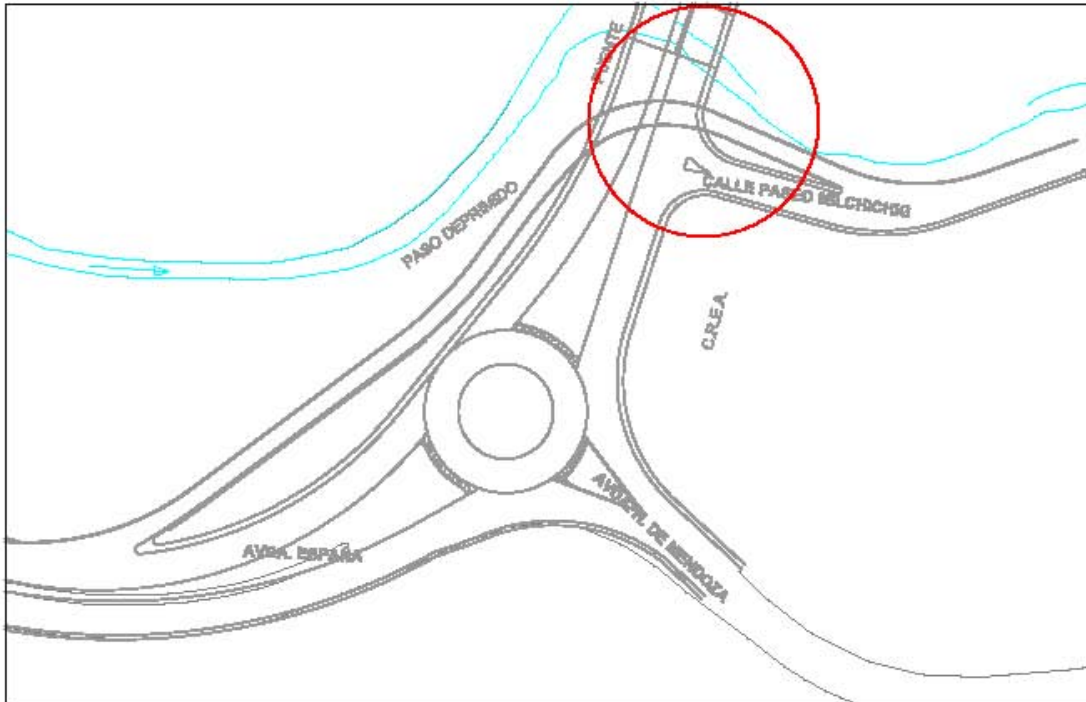
2.2.6. Paso Deprimido Quebrada de Milchichig

PASO DEPRIMIDO EN QUEBRADA MILCHICHIG

ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y LOSA SUPERIOR PREFABRICADA - PRETENSADA

DISEÑADO POR: ING. FABIAN CARRASCO C.

FECHA DE DISEÑO: ABRIL - 2004

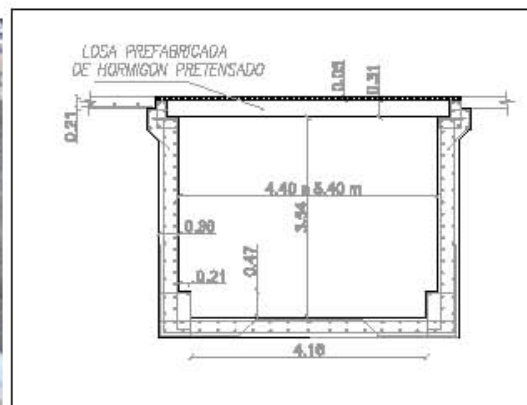


UBICACION

Escala 1:1200



FOTO



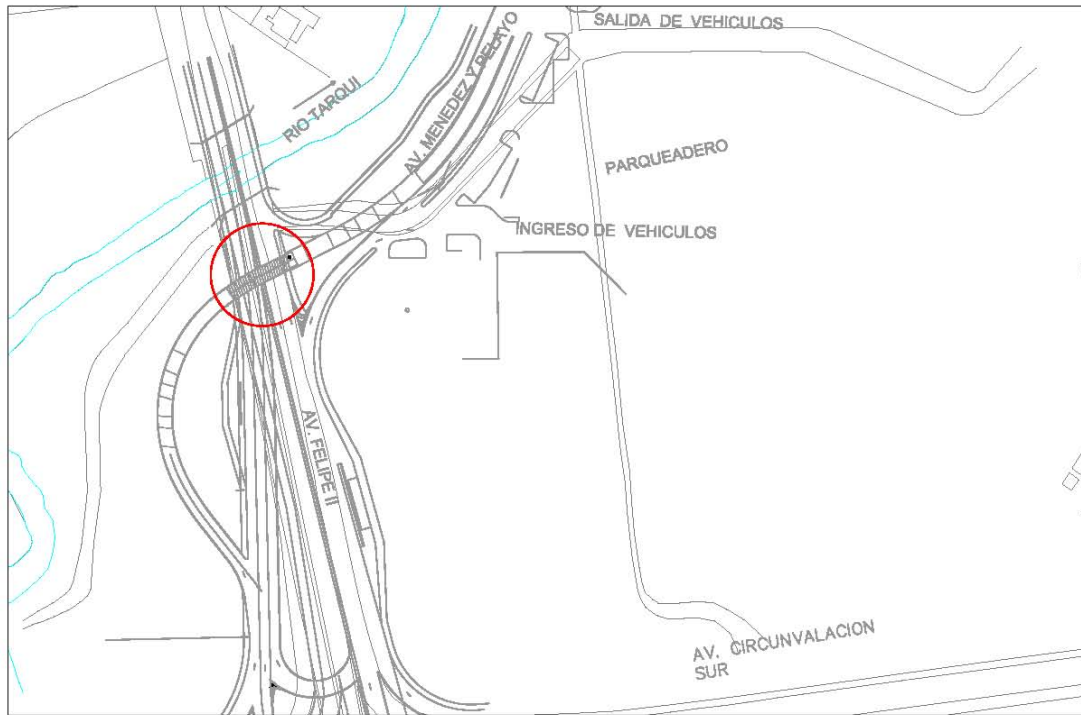
CORTE

Escala 1:100



2.2.7. Paso Deprimido Mall del Río

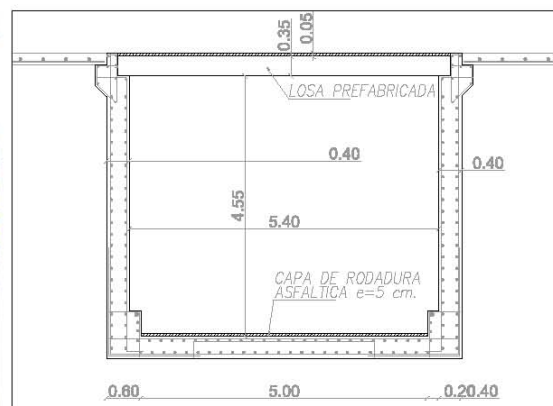
PASO DEPRIMIDO AV. FELIPE II Y AV. MENENDEZ PELAYO (MALL DEL RIO) ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO



UBICACION
Escala 1:2000



FOTO



CORTE
Escala 1:100



Universidad de Cuenca

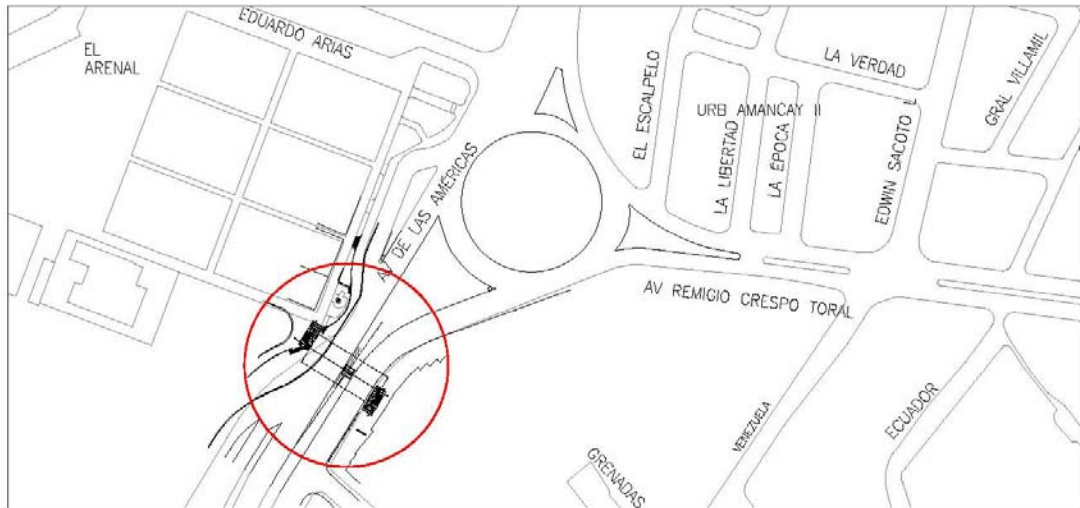
2.2.8. Paso Deprimido El Arenal

PASO DEPRIMIDO PEATONAL DE LA FERIA LIBRE

ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO

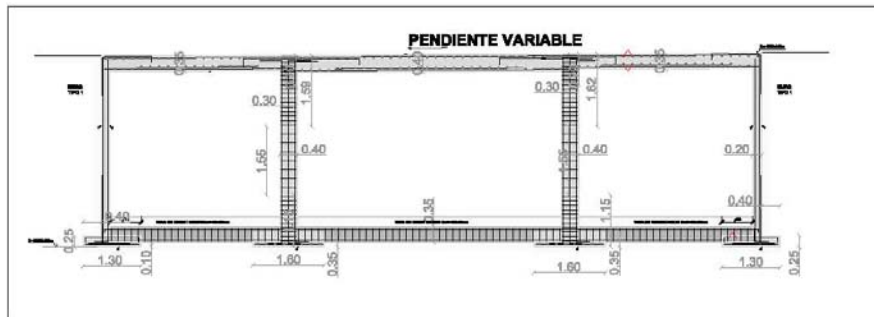
DISEÑADO POR: ING. ENRIQUE GARCIA A.

FECHA DE DISEÑO: AGOSTO - 2003



UBICACION

Escala 1:2500



CORTE

Escala 1:125

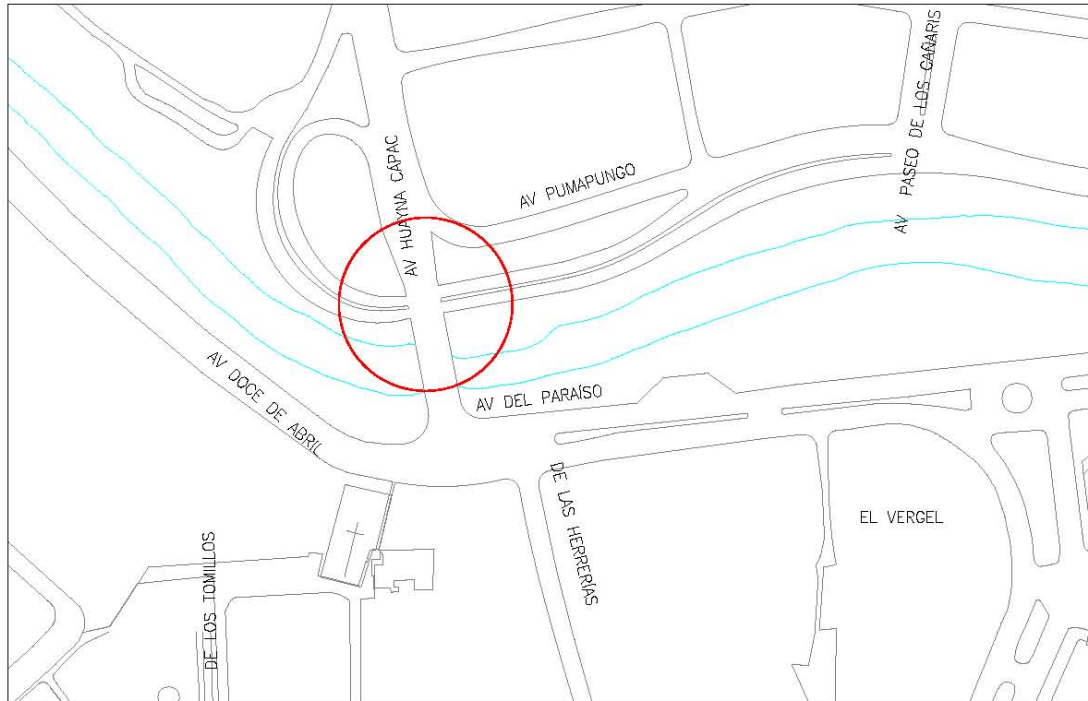


FOTO



2.2.9. Paso Deprimido El Vergel

PASO DEPRIMIDO EL VERGEL
ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO ANEXADO A PUENTE



UBICACION

Escala 1:2000



FOTO 1

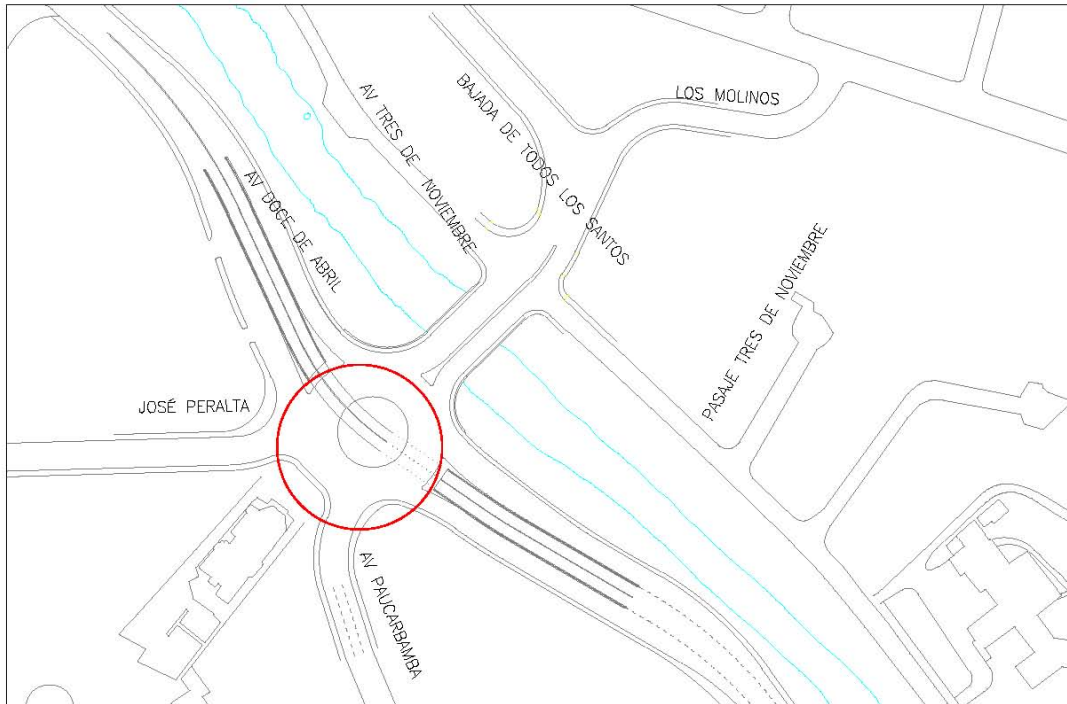


FOTO 2



2.2.10. Paso Deprimido Todos Santos

PASO DEPRIMIDO TODOS SANTOS ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO



UBICACION
Escala 1:2000



FOTO 1



FOTO 2



Universidad de Cuenca

2.2.11. Intercambiador Av. Américas y Gran Colombia

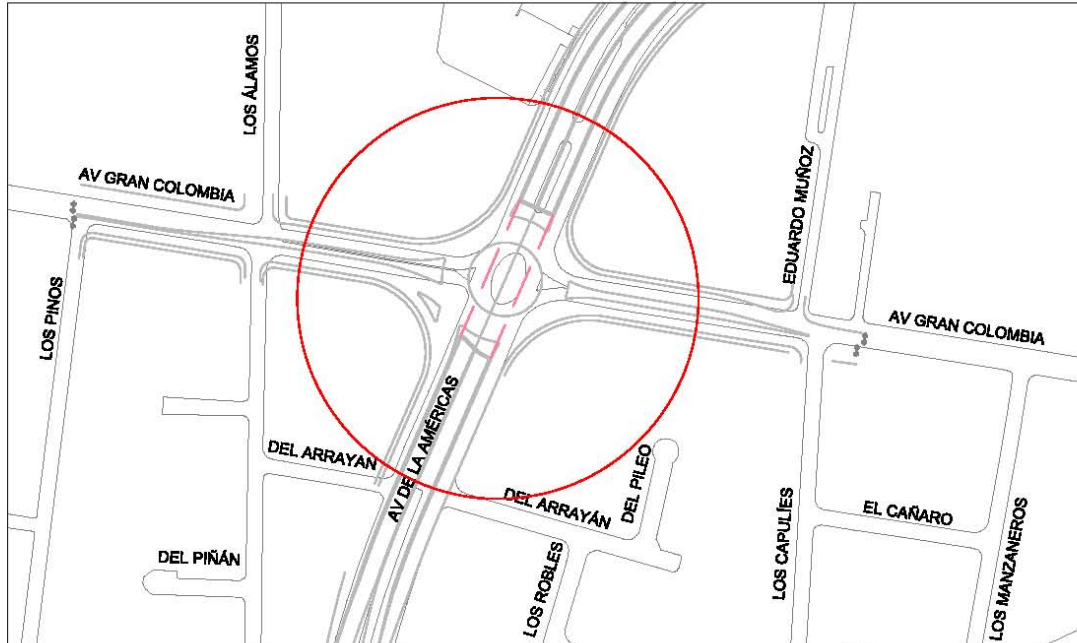
INTERCAMBIADOR AV. AMERICAS Y GRAN COLOMBIA

ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO Y VIGAS SUPERIORES PREFABRICADAS - PRETENSADAS

DISEÑADO POR: ING. CARLOS GARZON GUZMAN

FECHA DE DISEÑO: DICIEMBRE - 2007

AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 2012



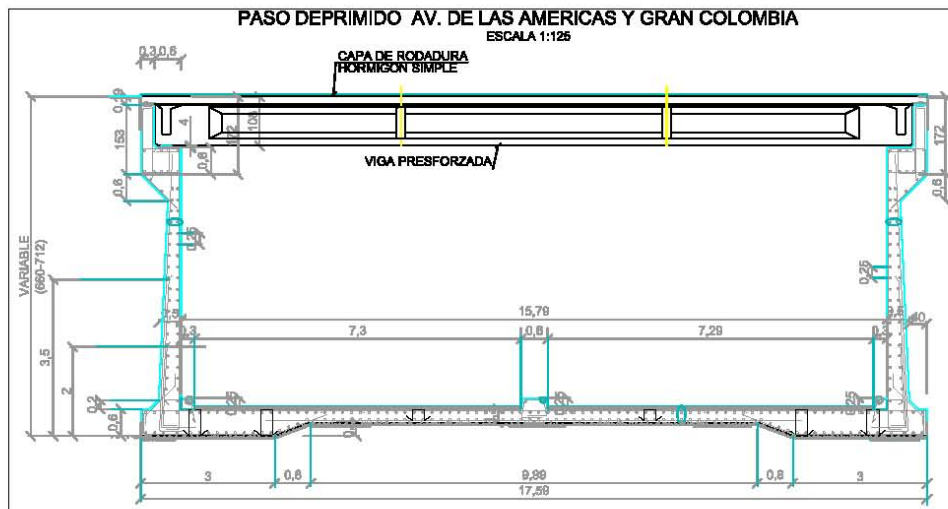
UBICACION

Escala 1:2500

FOTO
(En Construcción)



FOTO
(Terminado)





Universidad de Cuenca

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES SOBRE PREFABRICACIÓN



3.1. Consideraciones y experiencias en diferentes partes del mundo

Evolución histórica de la construcción industrializada (Christian Escrig Pérez)

A lo largo de la historia hay varios precedentes de prefabricación debido al propósito de la sociedad de optimizar la eficiencia de los procesos productivos. El primer ejemplo significativo de construcción industrializada se remonta al siglo XVI, cuando Leonardo da Vinci recibió el encargo de planificar una serie de nuevas ciudades en la región de Loire. Su planteamiento consistió en establecer, en el centro y origen de cada ciudad, una fábrica de elementos básicos que permitieran conformar a su alrededor un gran abanico de edificios. Dichas construcciones habían sido diseñadas previamente por él mismo para generar, de forma fluida y flexible, una gran diversidad de tipologías edificatorias con un mínimo de elementos constructivos comunes.

Habría que esperar hasta finales del siglo XIX para que se volviera a utilizar en edificación el hormigón (que apenas se había empleado desde la época de los romanos), que aplicado junto con entramados de alambres, constituía una materia prima ideal para prefabricados. En 1889, aparecía en EEUU la primera patente de edificio prefabricado mediante módulos tridimensionales en forma de “cajón” apilable, ideada por Edward T. Potter. Y en 1891 se prefabrican las primeras vigas de hormigón armado para la construcción del Casino de Biarritz.

A lo largo de dos décadas, la prefabricación basada en sistemas de diseño cerrados, cuyos elementos representativos eran grandes paneles de hormigón (Fig. 3.1.1), se fue desarrollando en Europa, especialmente en los países del este y los países escandinavos. Este hecho fue debido a un contexto de gran demanda de edificación residencial y pocos recursos económicos consecuencia de la II Guerra Mundial.



Universidad de Cuenca



Foto. 3.1.1: Edificio Lagutenko-Posokhin, Moscow.
Construcción industrializada basada en diseños cerrados.

La industrialización de la construcción se desarrollaba a base de grandes elementos prefabricados de hormigón. Los avances tecnológicos aplicados a este material permitieron prefabricar elementos estructurales y constructivos de variedad, formas y calidades no conseguidas hasta el momento.



Foto. 3.1.2: Edificio industrial, Polígono Ind. Santiga-Provasa, Barberà del Vallès (Barcelona).
Estructura y cerramientos de hormigón prefabricado.

Construcciones en España

Puentes:

La prefabricación en elementos de puentes comenzó en España a principios de los años 50, con los primeros tableros de vigas prefabricadas pretensadas. En 1963 se construyó sobre el río Guadalquivir, en Almodóvar del Río cerca de Córdoba, el primer puente realizado en España mediante dovelas prefabricadas conjugadas fabricadas en las proximidades del puente y que después se montaron mediante



Universidad de Cuenca

blondín colocado en los estribos. Su luz es de 70 m. En 1969 se construyó otro de forma similar sobre el río Ebro en Castejón de Navarra, entre Logroño y Zaragoza, pero de 100 m de luz.

Los túneles de Abdalajís:

Para la construcción de cada una de ellos se utilizó una tuneladora de doble escudo para roca dura, de 10 metros de diámetro, con un diámetro interior de 8.80 metros. Los túneles, un enorme hueco en la montaña realizado gracias a más de 800 operarios y a las dos tuneladoras, antes de que estas comenzaran a actuar, se construyeron dos falsos túneles de 30 metros de longitud. El revestimiento del túnel está formado por anillos de siete dovelas prefabricadas de hormigón armado, de 45 centímetros de espesor y 1.50 metros de ancho.



Dragados

Fotos. 3.1.3: Trabajos en una de las bocas de los túneles de Abdalajís. Sobre estas líneas, imágenes de las dovelas de hormigón armado empleado como revestimiento de los túneles.

Túneles de la Cabrera:

Se ubica en la zona de transición entre la llanura de Requena y la Hoya de Buñol con una longitud de 7252 metros. El túnel de la Cabrera es, por su longitud, el más largo de la línea y el sexto de España.



Fotos. 3.1.4: Interior de uno de los tubos del túnel de la Cabrera, con la vía en placa ya instalada, se utilizó dovelas de hormigón para revestimiento del túnel.

Falso túnel de Torrent:

Este falso túnel atraviesa el barranco de Torrent y discurre bajo la carretera entre Torrent y Alaquás. Se ha construido primero mediante la ejecución de una profunda trinchera y luego colocando la bóveda y la contrabóveda (suelo), por medio del procedimiento de bóveda ejecutada in situ. El falso túnel tiene una altura de 9.2 metros y una sección de 110m².

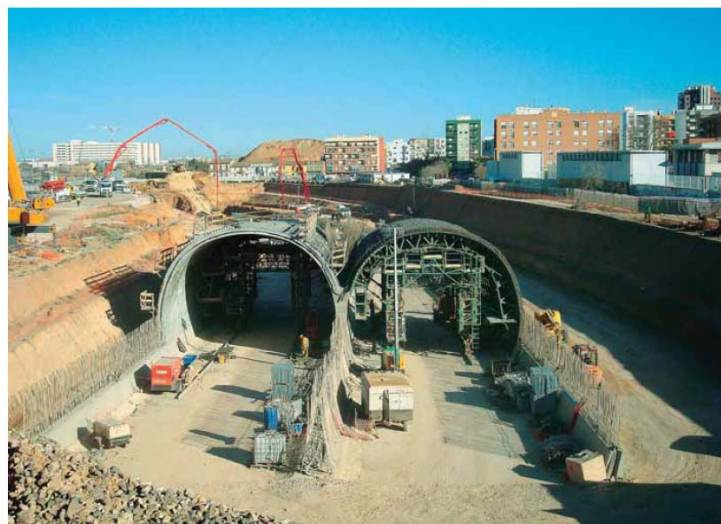


Foto. 3.1.5: Proceso constructivo del falso túnel de Torrent, primero con el tubo ya ejecutado y luego recubierto.



Universidad de Cuenca

Pasos deprimidos de Bogotá - Colombia

La Estación Intermedia de Occidente estará conectada al Patio Garaje a través de cuatro pasos vehiculares deprimidos (dos para los vehículos troncales y dos para los alimentadores). Actualmente, están en proceso de construcción los accesos vehiculares ubicados al costado sur de la Calle 26 y por donde circularán los vehículos troncales y alimentadores provenientes en sentido occidente oriente.



Fotos. 3.1.6: Acceso sur del deprimido vehicular y costado occidental en construcción.

Construcción del Paso deprimido ubicado en Av. El Rosal y Eje 5 Poniente – México D.F.

Construcción de obra civil desde la excavación de los cajones donde se alojaron los deprimidos, desvíos de obras inducidas, la obra civil relativa a la construcción de los muros de contención, fabricación y montaje de tabletas prefabricadas, preparación para recibir tabletas y posteriormente las terracerías y pavimentación.



Universidad de Cuenca



Foto. 3.1.7: *Periodo de construcción: 28 junio 2004 – 27 diciembre 2004*

Estructuras prefabricadas articuladas para puentes y galerías artificiales

Marta C. Pacoret Rodríguez,
Ingeniero Técnico de Obras Públicas

Una nueva modalidad de estructuras prefabricadas para obra civil se está imponiendo en nuestro país. Se trata de las estructuras prefabricadas articuladas, están formadas por elementos prefabricados articulados que se producen, transportan y manipulan extendidos en posición horizontal, tomando la configuración final, sólo en el momento de la colocación en la obra.

Las estructuras prefabricadas articuladas están formadas por varios cuerpos que se unen entre ellos por medio de articulaciones doblando los redondos de la armadura que los unen. Después de su colocación en obra, las articulaciones quedan bloqueadas por medio de un mortero de estanqueidad y por armaduras adicionales.

Foto 3.1.8

Este sistema, de patente italiana y que en España lo comercializa la empresa TENSITER, garantiza una rápida ejecución y la total continuidad de las armaduras en todas las partes que comprende la estructura acabada.



Fotos. 3.1.8: Montaje de estructuras prefabricadas para una y dos vías

Existen diversas tipologías de estructuras articuladas, en función del número de elementos de los que esté formada, y son las de uno, dos y tres elementos. Además se fabrica una cuarta tipología, que es la estructura articulada apoyada sobre pilares, que está especialmente indicada para pasos subterráneos, debido a las reducidas dimensiones de la excavación y a la rapidez y sencillez de su montaje, así como a la seguridad que proporciona a los edificios colindantes.

ESTRUCTURA DE TRES ELEMENTOS

Cada módulo está constituido por tres elementos prefabricados: dos elementos laterales en “L” y una viga central. Todas las juntas entre los elementos prefabricados se bloquean sucesivamente para obtener una estructura rígida y monolítica. El tablero del puente tiene un canto reducido aunque no es pretensado. Como el resto de los elementos prefabricados articulados, se producen, transportan y manipulan extendidos en posición horizontal. Estos toman su configuración final sólo en el momento de la colocación en obra. Los cuerpos que componen un elemento prefabricado se pueden articular los unos con los otros plegando los redondos de la armadura que los une. Después de la colocación en obra, las articulaciones se bloquean por medio de un mortero de estanqueidad y de armaduras adicionales. Este sistema garantiza una rápida ejecución y la total continuidad de las armaduras en todas las partes que comprende la obra acabada.

Foto 3.1.9

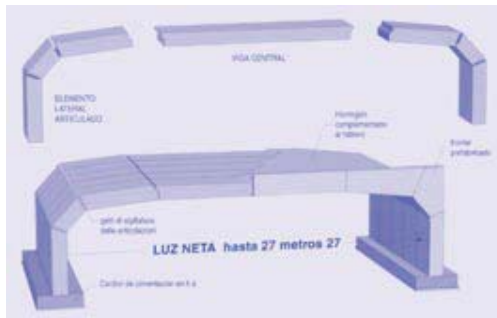


Foto. 3.1.9: Estructuras prefabricadas para dos vías (tres elementos)

Muros prefabricados (Muros de contención.mht)

“Los muros prefabricados de hormigón son aquellos fabricados total o parcialmente en un proceso industrial mediante elementos de hormigón”.

Posteriormente son trasladados a su ubicación final, en donde son instalados o montados, con la posibilidad de incorporar otros elementos prefabricados o ejecutados en la propia obra.

Estos se han clasificado según su diseño estructural:

MUROS PREFABRICADOS EMPOTRADOS

Es el formado por un elemento plano o nervado, continuo o discontinuo, prefabricado de hormigón armado, pretensado o postensado, trabajan en voladizo con un empotramiento en su base o zapata.

Puede considerarse activo, es decir, entra en carga cuando se le aplica el material de relleno. Sus dos funciones principales son el sostenimiento y contención de tierras. La construcción de la zapata requiere una excavación previa, lo que dificulta a este muro tener una función de revestimiento.

Los asientos importantes del terreno base pueden ser en determinadas ocasiones, un problema para este tipo de estructuras de contención. Estos muros son estructuras rígidas, pudiendo existir un nervio o zuncho superior que aumentaría más la rigidez del muro, por lo que si el terreno sobre el que se apoya sufre asentamientos diferenciales, la pantalla del muro se puede dañar, salvo que se



Universidad de Cuenca

disponga de juntas en la cimentación y zuncho, formándose en este caso un paramento articulado.

Muros de pantalla prefabricada y zapata "in situ"

Estos muros se definen como muros de elementos modulares prefabricados de hormigón, de secciones nervadas, colocadas de forma continua, adosadas unos a otros, que empotrados en una zapata realizada "in situ", constituyen el paramento exterior del muro.

La máxima altura que puede alcanzar este tipo de muro varía según el fabricante, no superándose para un muro de contención los 9 metros.

Reciben directamente la práctica totalidad de los empujes del terreno. Su canto es variable, aumentando con la altura del muro, evitándose de esta forma la necesidad de armadura de corte, siendo el propio hormigón de pantalla el encargado de absorber todo el esfuerzo cortante.

El acabado de su cara vista puede tener diferentes formas, reduciéndose así el impacto visual que el muro podría originar en su entorno.

Muros de pantalla prefabricada con tirante y zapata "in situ"

A estos muros los podemos definir como muros de paneles prefabricados de hormigón, planos o nervados, con un tirante y anclados, ambos elementos a una zapata construida "in situ".

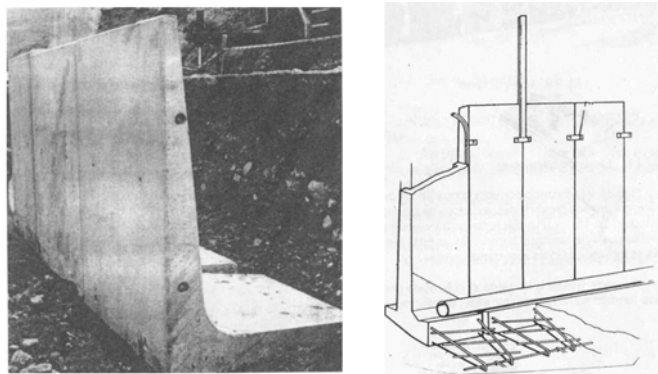


Foto. 3.1.10: Muros prefabricados



3.2. Ventajas y desventajas de la utilización de elementos prefabricados de hormigón armado en la construcción de los pasos deprimidos

Ventajas:

1. Los elementos se fabrican en un lugar distinto del paso deprimido, permitiendo sincronizar su fabricación con la construcción de otros elementos del paso deprimido como cimentaciones, instalaciones, drenaje, con la consiguiente reducción de plazos de construcción.
2. La calidad del acabado y el control de calidad es mejor tanto en materiales como en dimensiones.
3. Las piezas prefabricadas poseen precisión geométrica garantizando el encaje.
4. Reducción en los plazos de ejecución dependiendo de una coordinación adecuada.
5. Agilización del ritmo de obra por la producción de elementos en serie.
6. Reducción de desperdicios y de encofrados.
7. La utilización repetitiva de los moldes amortiza el costo de los mismos.

Desventajas:

1. Se necesitan medios de transporte y montaje.
2. Las uniones entre elementos "in situ" pueden ser complicadas.
3. Diseño complementario para asegurar la manipulación.
4. Inversión inicial importante para poner en marcha el sistema de producción.

3.3. Transporte

Los criterios para la selección, el dimensionamiento y la disposición de los anclajes para transporte en los elementos prefabricados de hormigón son: seguridad, rentabilidad y fácil manejo durante la fabricación y el montaje. Todos los anclajes para transporte deben ser dimensionados por ingenieros en relación con las cargas reales.



Universidad de Cuenca

Para ello es necesario tener en cuenta:

- Peso propio del elemento prefabricado de hormigón.
- Adherencia de la pieza de hormigón al encofrado.
- Fuerzas de aceleración en el levantamiento con la grúa
- Disposición geométrica de los anclajes en la pieza prefabricada
- Fuerza oblicua con aparatos de suspensión de varias sogas
- Fuerza transversal al levantar placas colocadas en horizontal
- Resistencia del hormigón a edades tempranas.



Fotos. 3.3.1: Transporte de una viga TIPO "U" y una Losa Prefabricada



Fotos. 3.3.2: Transporte de una viga Tipo "I" Larga



Fotos. 3.3.3: *Traslado de prefabricados mediante camiones de carga*

3.4. Ensamblaje de las estructuras prefabricadas

Trabajo específico que desarrolla en el ensamblaje:

- Organización y planificación del proceso y la mecánica de los trabajos.
- Organización de los espacios de maniobra, almacenaje, carga y acceso al ámbito de trabajo.
- Control de las interferencias con otros trabajos.
- Asignación de trabajos a los operarios.
- Asesoramiento técnico a los operarios.
- Colaboración en la realización de los trabajos.
- Estudio de los planos de montaje para hacer el despiece de los elementos.
- Control de la descarga de los prefabricados y organización del apilado
- Control de la codificación de las piezas
- Comprobación de las placas de anclaje de pilares o de alzaprima calzos de cimientos.
- Verificación de los niveles del conjunto para definir el plano de apoyo.
- Control de montaje y despiece de andamios
- Control del levantamiento de cargas
- Control del cumplimiento de la planificación
- Mantenimiento de las herramientas, los equipos y la maquinaria de trabajo.
- Manipulación de los elementos, herramientas, materiales, medios auxiliares, protecciones colectivas e individuales necesarias para desarrollar el trabajo



Universidad de Cuenca



Fotos. 3.4.1: Ensamblaje de estructuras prefabricadas



Fotos. 3.4.2: Postensado y ensamblaje de vigas prefabricadas en puente



Fotos. 3.4.3: Grúas de izaje para ensamblaje de prefabricados



3.5. Elementos de izado y traslación

El movimiento de estas grandes piezas requiere el uso de sistemas de elevación que permitan el posicionado de las mesas sin la necesidad de acceder a la parte superior de las mismas,



Fotos. 3.5.1: Elementos de izado y traslación

La operación de izado se realiza mediante el uso de balancines o eslingas que permitan recoger y dejar la mesa en su posición solo con movimientos de grúa.



Fotos. 3.5.2: Izado de prefabricados con grúa

Se recuerda que todos los elementos de izado deben disponer de su correspondiente marcado y su manual de instrucciones.



VENTAJAS DEL IZADO

1. Sirven para todo tipo de forjados semi – prefabricados o in situ.
2. Evitan de forma efectiva la exposición al riesgo de trabajo en altura.
3. Reducen las lesiones por manipulación de cargas al requerir de forma obligatoria el uso de grúas.
4. Requieren un montaje y desmontaje sistemático, que obliga y permite establecer una planificación.
5. No requieren puntales inclinados en el borde de forjado, reduciendo el riesgo de caída de material a la vía pública.
6. La mesa sube a su posición con las barandillas ya instaladas. El tablero de las mesas de borde se monta con sus barandillas de protección lo que evita instalarlas luego.
7. Permiten un desencofrado seguro eliminando, en este punto el riesgo de golpes por objetos desprendidos que se producían en el tradicional desencofrado por caída libre.

3.6. Encofrados

3.6.1. Consideraciones generales

Un Encofrado es un molde para contener el hormigón, generalmente armado, de una estructura ejecutada in situ, debe ser:

- Resistente a las cargas.
- Indeflexible a las presiones del hormigón.
- Estanco, evitando pérdidas apreciables de lechada o mortero.

Los encofrados horizontales de estructuras suelen estar sustentados mediante apeos o cimbras (estructuras verticales provisionales que deben soportar las cargas transmitidas por el encofrado) hasta que el fraguado del hormigón haya alcanzado su resistencia característica.



Universidad de Cuenca

Según las características de las labores del encofrado cabe clasificarlos, aparte de los encofrados especiales, en dos grandes tipos:

- Los encofrados horizontales destinados a estructuras de vigas, forjados y losas
- Los encofrados verticales destinados a estructuras de muros, pilares, pilas, etc.

3.6.2. Encofrados horizontales

ENCOFRADOS UNIDIRECCIONALES

Son estructuras formadas por elementos lineales resistentes (viguetas o semi-viguetas) dispuestas en una única dirección. Las viguetas o semi-viguetas se apoyan sobre vigas que a su vez se apoyan sobre los pilares correspondientes. El encofrado se completa con las piezas de entre vigado (bovedillas). Finalmente, se coloca el acero y se hormigona constituyendo un conjunto estable cuando el hormigón ha adquirido la resistencia adecuada.



Fotos. 3.6.2.1: Encofrados horizontales unidireccionales

ENCOFRADOS BIDIRECCIONALES

Cuando la luz existente entre los pilares aumenta, o esta no guardan una buena alineación o las cargas son fuertes, el encofrado unidireccional deja de ser el más idóneo, recurriéndose habitualmente al encofrado bidireccional.



Universidad de Cuenca

Son estructuras en las que no existen vigas. El encofrado está constituido en ambas direcciones formando una cuadrícula o reticular. Dicha retícula transmite directamente las cargas a los pilares o bien a través de macizados en la cabeza de los mismos llamados capiteles. El espacio existente entre los nervios puede estar con bovedillas o relleno con casetones de diferentes materiales en función de las necesidades del proyecto.

3.6.3. Encofrados verticales

ELEMENTOS Y MATERIALES

Los elementos constitutivos más importantes son:

- a. “Tradicional” (tablón, tabloncillo, tablas y puntales).
- b. Prefabricados (panel, grapas, estabilizadores, ménsulas de trabajo y mordazas de izado).

El uso de encofrados in situ tiende a desaparecer por su costo y sus menores rendimientos frente al encofrado prefabricado.

Los encofrados metálicos son suministrados por empresas especializadas y deberá ser elegido el sistema comercial que más se adapte a las necesidades o a los procesos de trabajos previstos.

Se dispone de encofrado para preparar las vigas, luego son reutilizados.



Fotos. 3.6.3.1: Encofrado metálico para vigas prefabricadas de hormigón armado



Fotos. 3.6.3.2: Encofrado metálico para muros de hormigón armado

3.6.4. Encofrados utilizados para la fabricación de vigas de apoyo en puentes



Fotos. 3.6.4.1: Encofrados metálicos para fabricación de vigas de puentes de hormigón armado

3.6.5. Sistemas de encofrado para grandes superficies

MONTAJE CON GRÚA

El principio aquí es justo lo opuesto, se pretende reducir de igual modo la exposición al riesgo de caída en altura, pero es este caso mediante la instalación con grúa de grandes superficies de encofrado horizontal premontadas en el suelo o en el taller.

ESTRUCTURA SOPORTE

Estructura inferior vertical compuesta por puntales y arriostramientos



Fotos. 3.6.5.1: Elementos de tableros para encofrados

TRANSPORTE, CARGA Y DESCARGA DE LOS TABLEROS DE ENCOFRADO

Los tableros suelen llegar premontados a la obra y se pueden descargar directamente del camión con la horquilla o balancín de traslado.



Fotos. 3.6.5.2: Carga y descarga de tableros y elementos de encofrados

3.6.6. Unidades auxiliares

Instalación de unidades auxiliares para sostenimiento de elementos prefabricados unidos en situ.



Universidad de Cuenca



Fotos. 3.6.6.1: *Instalación de unidades auxiliares para sostenimiento de elementos prefabricadas*



Fotos. 3.6.6.2: *Dos tableros dobles prefabricados con continuidad hiperestática y pieza de cantiléver sobre pila*



Universidad de Cuenca

CAPÍTULO 4:
PROPUESTA GEOMÉTRICA Y ESTRUCTURAL CONSIDERANDO DESPIECE
PARA SU FABRICACIÓN, TRASLADO Y MONTAJE



4.1. Evolución de la forma y sistema constructivo

Los pasos deprimidos han sido construidos en diferentes formas, esto ha dependido del desarrollo de cada ciudad.

El avance de la tecnología de los pasos deprimidos tiene la siguiente secuencia:

4.1.1. Pórticos de hormigón armado

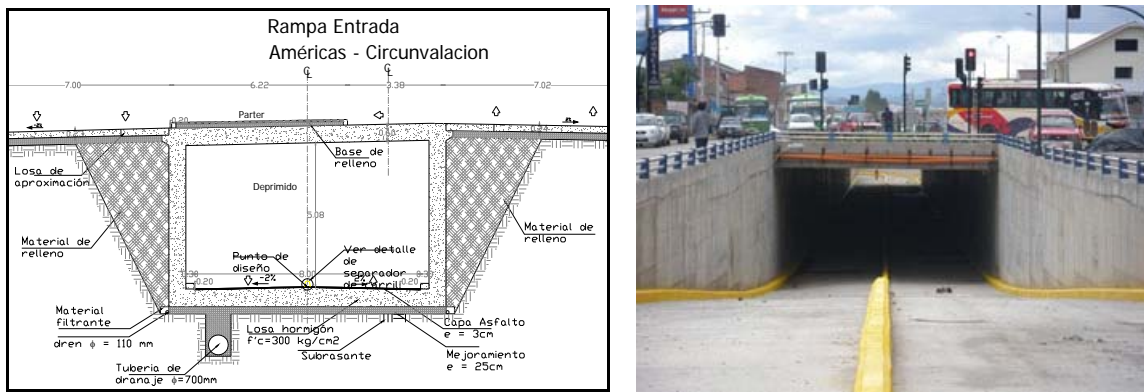


Gráfico y Foto 4.1.1.1: Paso deprimido, pórtico de hormigón armado (Control Sur)

RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA UN METRO DE LONGITUD

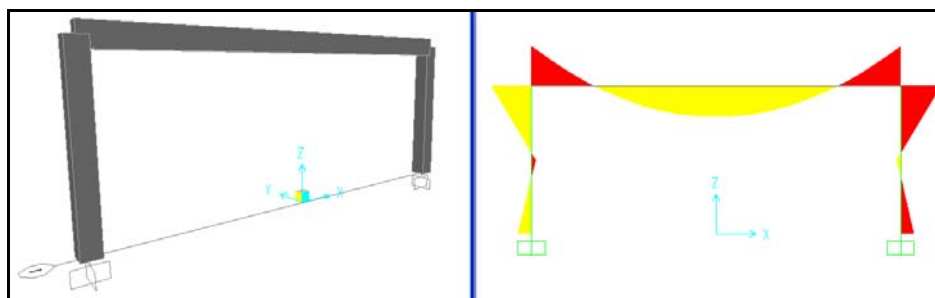


Gráfico de Momentos



Universidad de Cuenca

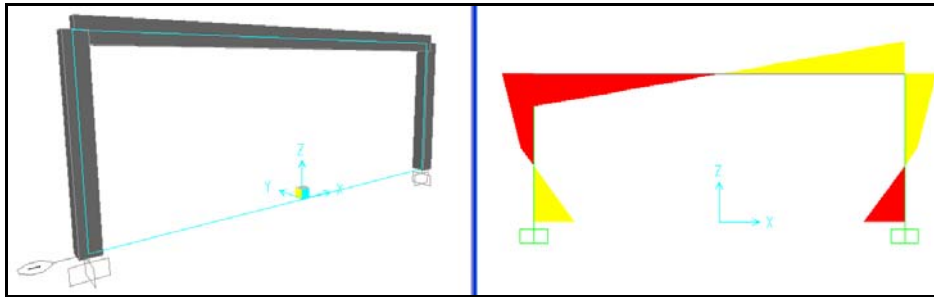


Gráfico de Cortante

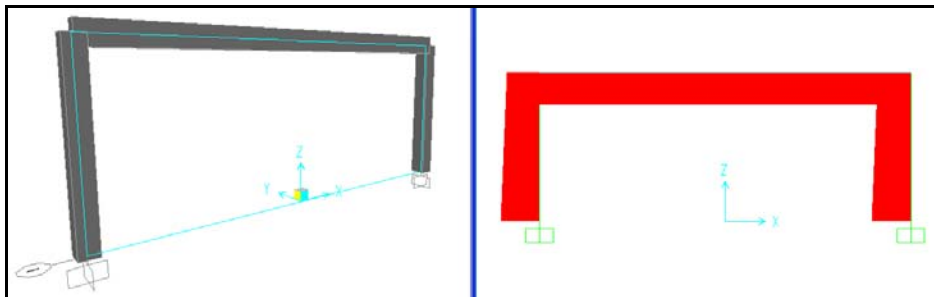


Gráfico de Axiales

4.1.2. Pórticos de hormigón armado con losa prefabricada

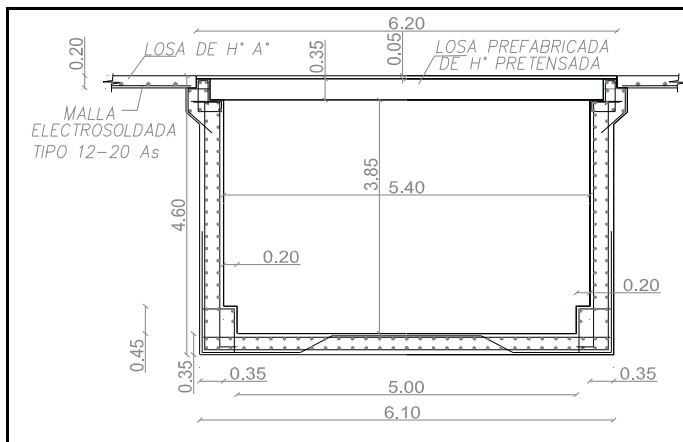


Gráfico y Foto 4.1.2.1: Paso deprimido, pórtico de hormigón armado con losa prefabricada



Universidad de Cuenca

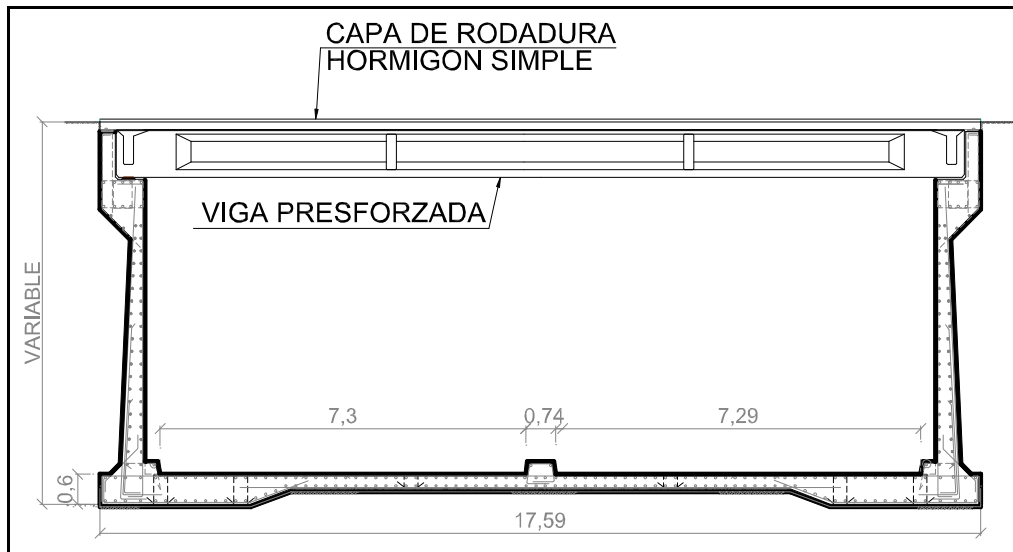


Gráfico 4.1.2.2: Intercambiador, pórtico de hormigón armado con vigas prefabricadas



Foto 4.1.2.2: Intercambiador, pórtico de hormigón armado con vigas prefabricadas

RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA UN METRO DE LONGITUD

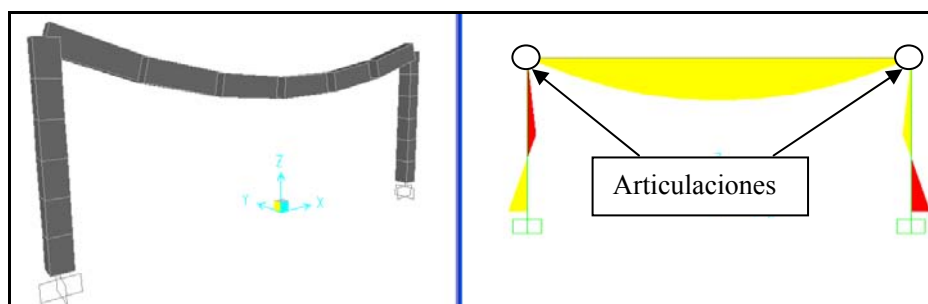


Gráfico de Momentos

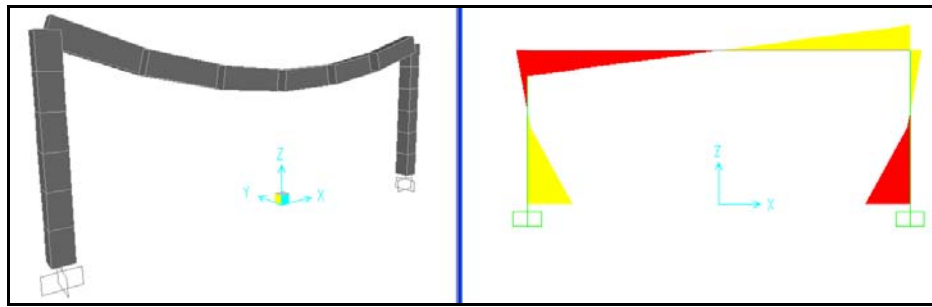


Gráfico de Cortante

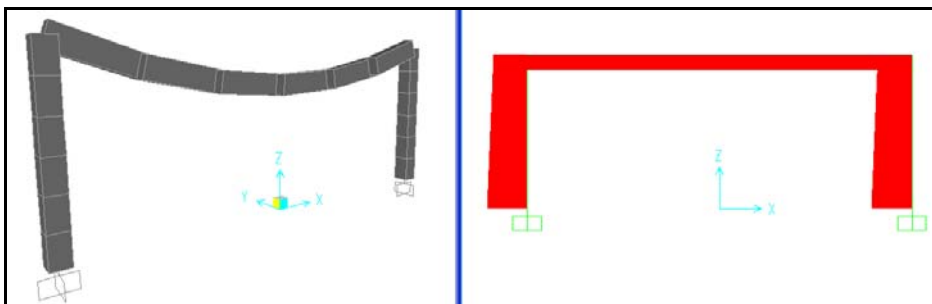


Gráfico de Axiales

Todas las estructuras anteriores se han construido en la ciudad de Cuenca.

4.1.3. Justificación para la utilización de una estructura curva

Se procederá a estudiar una estructura de hormigón armado con una forma adecuada para que resista la mayor parte de la sección a compresión, nos ayude a minimizar el volumen de hormigón, sea factible de prefabricación y que tenga una forma estética.

Para que cumpla la sección con las características señaladas ésta debe ser de forma curva.

Se ha realizado muchos proyectos especialmente de puentes y pasos deprimidos tiempos atrás en forma curva, verificándose que tienen buena funcionalidad hasta el momento.



Universidad de Cuenca

Se tiene proyectos utilizando la forma curva como se muestra a continuación:



Foto 4.1.3.1: Paso deprimido para línea ferrea en la ciudad de Azogues



*Foto 4.1.3.2: Puente construido sobre Rio Burgay en el año 1887
en la ciudad de Azogues*

También se están construyendo proyectos nuevos de forma curva como se indica:



Foto 4.1.3.3: Paso deprimidos construidos en forma curva



Foto 4.1.3.4: Paso y puentes construidos en forma semi-circular y curva

Como se indica hay varios proyecto construidos en forma curva (antiguos y nuevo).

4.2. Análisis de la forma

Para el análisis tenemos los siguientes requisitos:

FUNCIÓN.- Está dado por el requerimiento y el espacio, nos basaremos en una vista transversal de un paso deprimido construido, por ejemplo el de la 12 de Abril y Av. de Las Américas.

Haciendo coincidir el paso deprimido construido con un paso de forma curva para analizar, tenemos el siguiente gráfico:

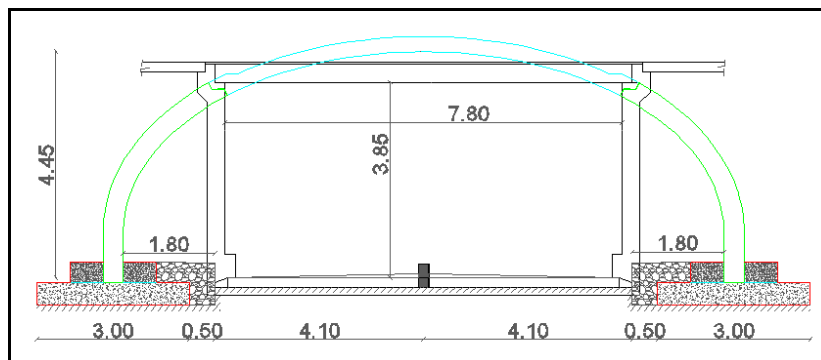


Gráfico 4.2.1: Vista transversal del paso deprimido seleccionado y paso deprimido Av. 12 de Abril y Av. de Las Américas

La sección seleccionada tiene las siguientes propiedades:



LUZ	H	h	Sepa- ración	# Partes	R mayor	r menor	C	Ecuación
12.2	4.8	3.8	1 m	12.2	6.1	3.65	22.27	$Y = ((22.265^2 - 3.65^2 * X^2) / 6.1^2)^{0.5}$

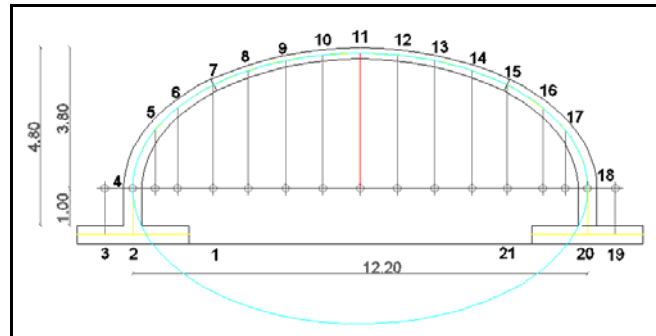


Gráfico 4.2.2: Características del paso deprimido seleccionado

ESTRUCTURA.- Estará expuesta a cargas como son: peso propio, peso de relleno, viva de tránsito (HL-93), impacto o efecto dinámico.

La estructura seleccionada expuesta a las cargas descritas nos indicará los esfuerzos a los que está sometido en diferentes puntos.

SOLUCIÓN DE MATERIAL.- Se utilizará el siguiente material:

- Hormigón (debido a que es relativamente económico con respecto al acero).
- Trabaja muy bien a compresión.

Se procederá a analizar la estructura seleccionada, se hará modelaciones con y sin articulaciones para llegar a una propuesta de paso deprimido. Se modelará cada estructura con diferentes condiciones de articulación.

4.2.1. Pórticos de hormigón armado sin articulaciones

Se procederá a modelar un pórtico sin articulaciones



Universidad de Cuenca

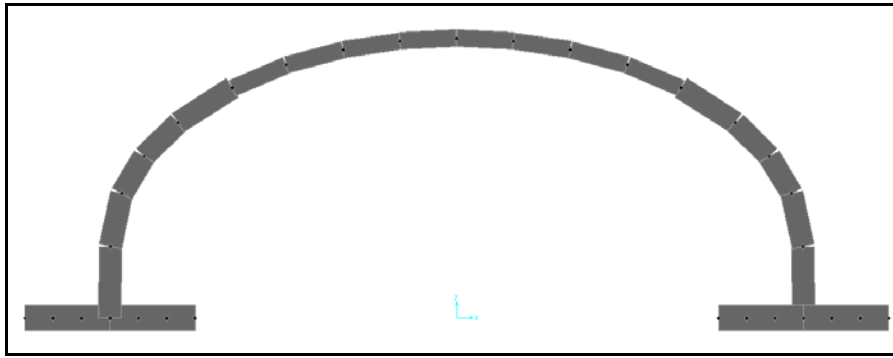


Gráfico 4.2.1.1: Paso deprimido, pórtico de hormigón armado sin articulaciones

RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA UN METRO DE LONGITUD

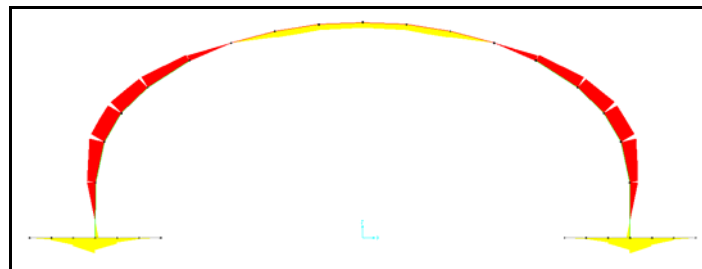


Gráfico de Momentos

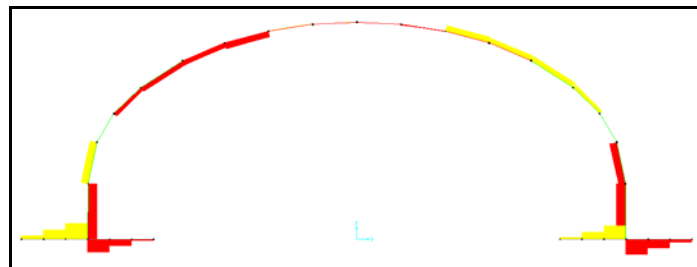


Gráfico de Cortante



Gráfico de Axiales



Universidad de Cuenca

4.2.2. Pórticos de hormigón armado con 3 articulaciones

Se procederá a articular en la parte superior de los muros y en el centro de la estructura.

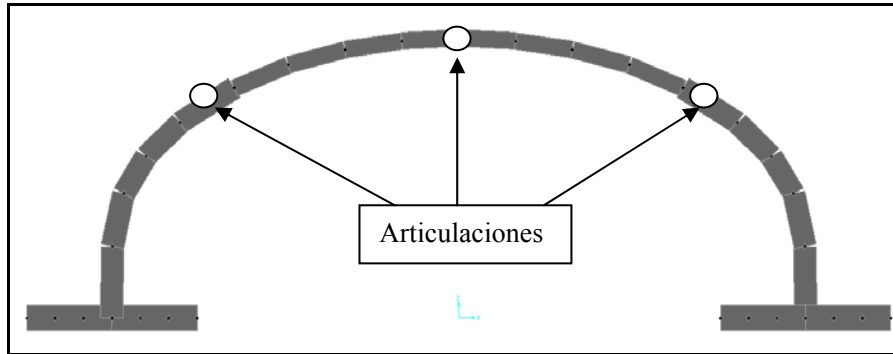


Gráfico 4.2.2.1: Paso deprimido, pórtico de hormigón armado con 3 articulaciones

RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA UN METRO DE LONGITUD

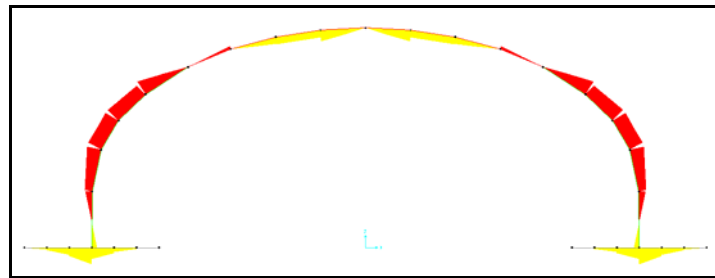


Gráfico de Momentos

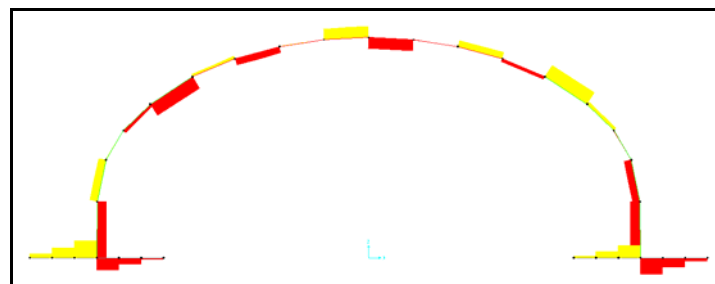


Gráfico de Cortante



Universidad de Cuenca

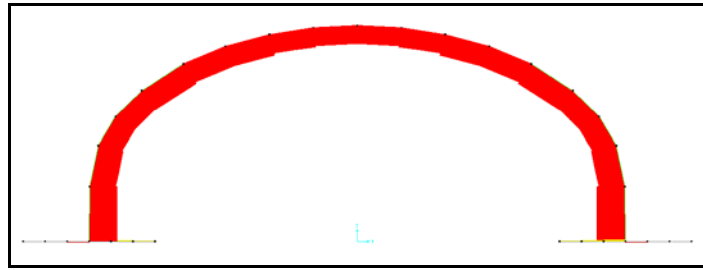


Gráfico de Axiales

4.2.3. Pórticos de hormigón armado con 2 articulaciones

Se procederá a articular en las partes superiores de los muros.

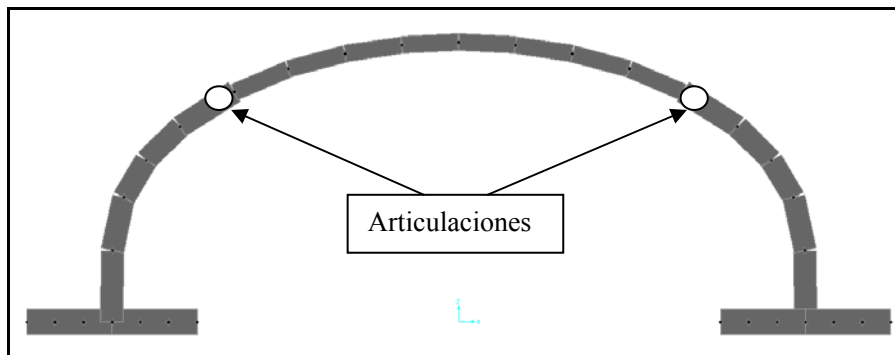


Gráfico 4.2.3.1: Paso deprimido, pórtico de hormigón armado con 2 articulaciones

RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA UN METRO DE LONGITUD

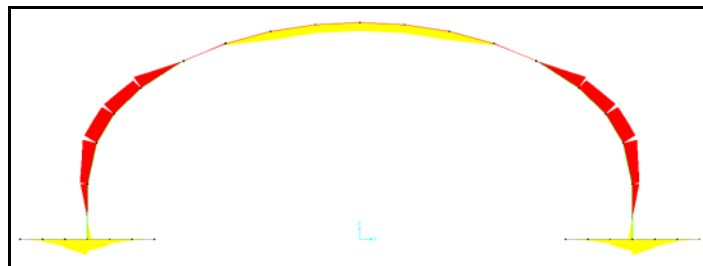


Gráfico de Momentos

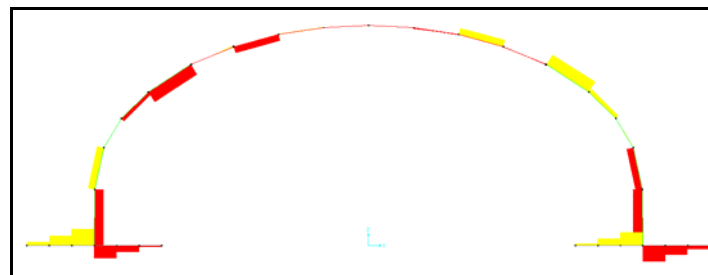


Gráfico de Cortante



Universidad de Cuenca

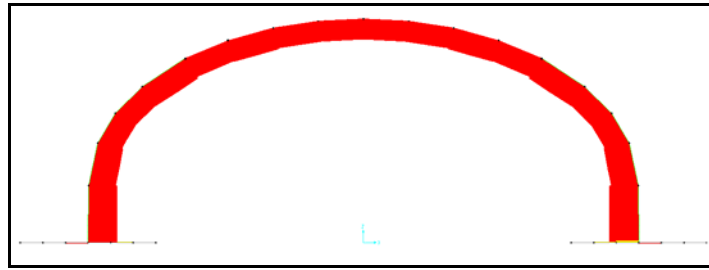


Gráfico de Axiales

En base a este estudio donde se observan tres alternativas de articulaciones, se ha llegado a la conclusión de que la estructura adecuada para su construcción es la que tiene únicamente dos articulaciones, siendo los puntos críticos las mismas, y se tendrá que analizar correctamente.

4.3. División de la estructura para prefabricación

Requerimientos para prefabricación e instalación de la estructura:

La forma ideal tiene que asegurarnos lo siguiente:

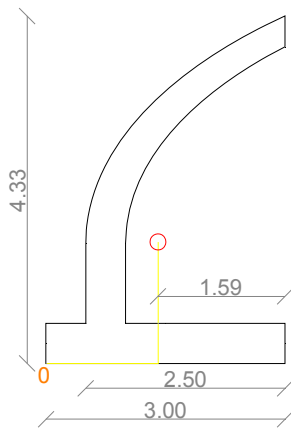
- Estandarización de elementos.
- Limitaciones de tamaño y peso.
- Facilidad de instalación.
- Seguridad en las uniones.
- Factibilidad de construcción de moldes.
- Tiene que asegurarnos que la mayor parte de la sección de los muros y bóveda trabajen a compresión.

Visualizando las alternativas, comparando y teniendo en cuenta las condiciones antes señaladas tenemos que la más aceptable sería la indicada en el gráfico 4.2.6 ya que tendría mayor eficiencia en la unión de la zapata con el muro.

La sección lateral de la zapata y muro tiene las siguientes propiedades:



Universidad de Cuenca



Área:	3.5320
Perímetro:	16.1915
Caja limitante:	X: 0.0000 – 3.0000 Y: 0.0000 – 4.3324
Centroide:	X: 1.4080 Y: 1.5160
Momentos de Inercia:	X: 14.6911 Y: 9.1221
Producto de inercia:	XY: 8.5743
Radios de giro:	X: 2.0395 Y: 1.6071

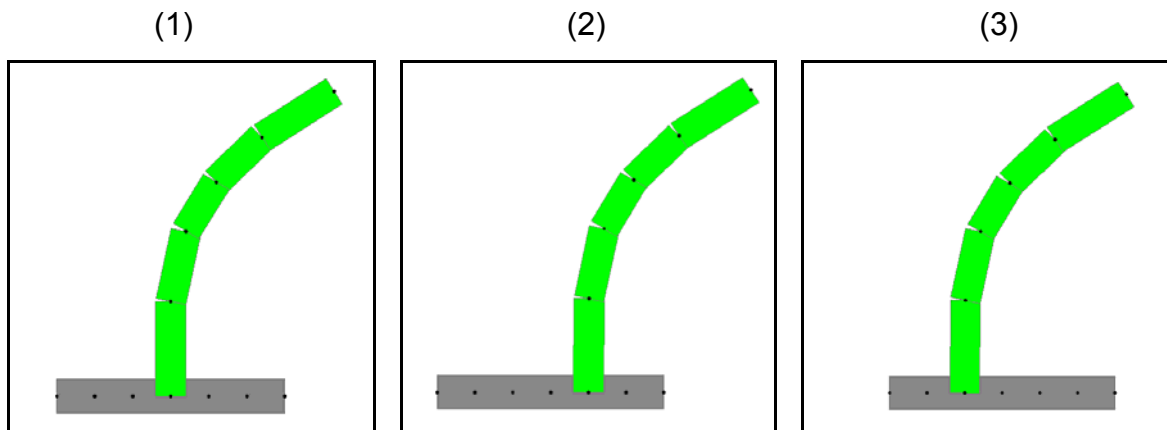
Gráfico 4.3.1

Los principales momentos y las direcciones X-Y sobre el Centroide

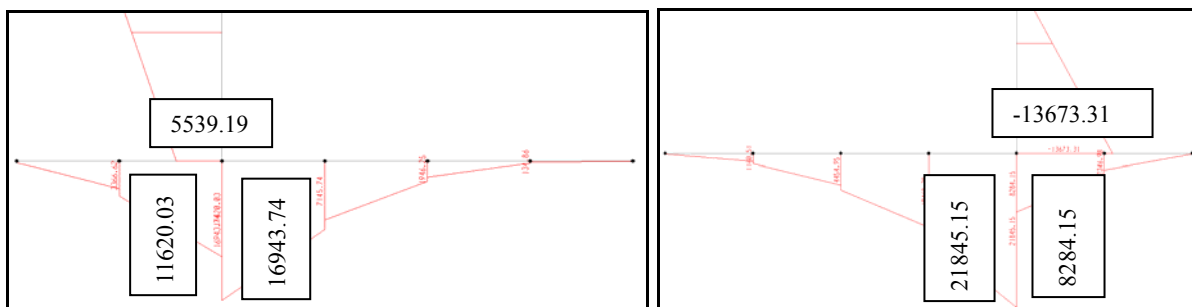
I: 1.8915 a lo largo [0.2159, 0.9764]

J: 6.8028 a lo largo [-0.9764, 0.2159]

Visualizando los gráficos de las modelaciones anteriores con articulaciones en diferentes puntos observamos que los momentos son pequeños a excepción de las zapatas, por lo que vamos a analizar en diferentes posiciones, con los resultados analizaremos la diferencia y verificamos cuál es el más apropiado para el diseño.



Gráficos 4.3.2: Localizaciones del muro sobre las zapatas

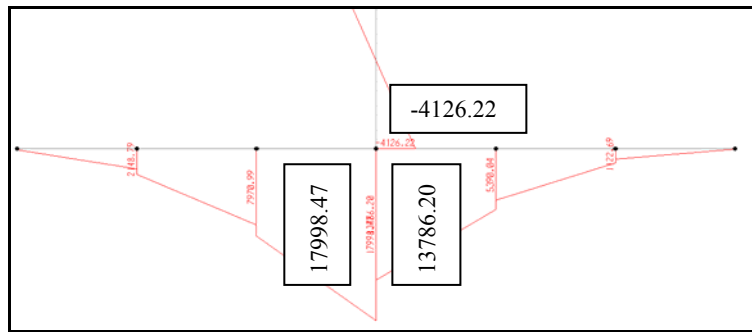


Gráficos 4.3.3: Reportes de momentos en zapata con localizaciones del muro (1) y

(3)



Universidad de Cuenca



Gráficos 4.3.4: Reportes de momentos en zapata con localizaciones del muro (2)

Como se indica en las gráficas anteriores hay salto del valor del momento donde se localiza el muro.

Se puede constatar que dicha diferencia es menor cuando el muro se coloca en la parte central. Por lo que se decide optar por esta ubicación.

Una vista de la sección típica del paso se presenta en la siguiente figura, donde se puede apreciar los siguientes elementos:

- Zapata (1)
- Paredes o muros (2)
- Losa superior o bóveda (3)

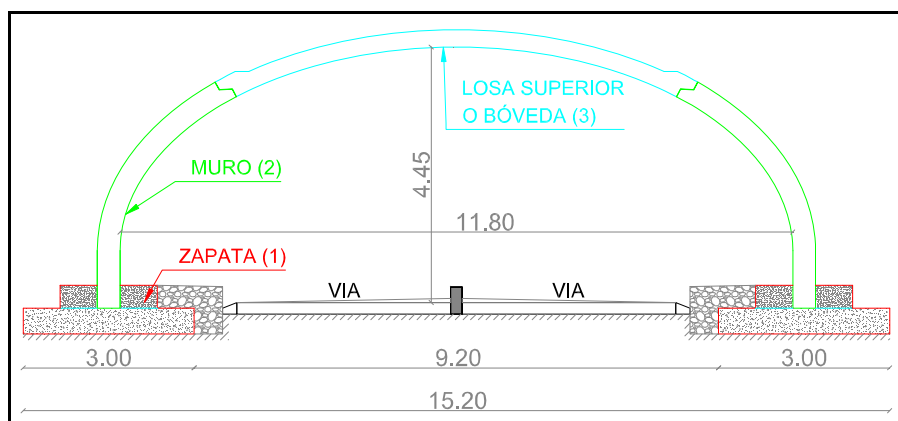


Gráfico 4.3.5: Elementos de la estructura para propuesta de un paso deprimido



Universidad de Cuenca

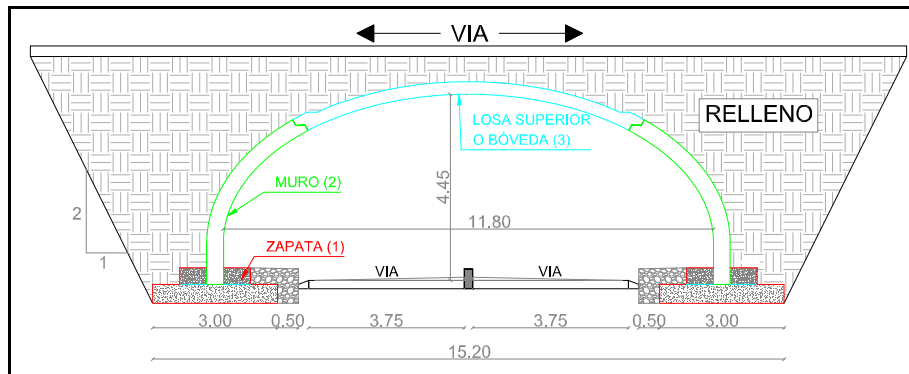


Gráfico 4.3.6: Vista preliminar de la propuesta de un paso deprimido

4.4. Despiece de cada elemento

4.4.1. Zapatas

Las zapatas tendrán una estructuración adecuada debido a que tienen que cumplir con algunas restricciones: Seguridad al desplazamiento, en conjunto con el muro seguridad al volcamiento, transmisión de la carga hacia la cimentación, cortante debido a la fuerza axial que transmite el muro y parte de la zapata tiene que funcionar como vereda.

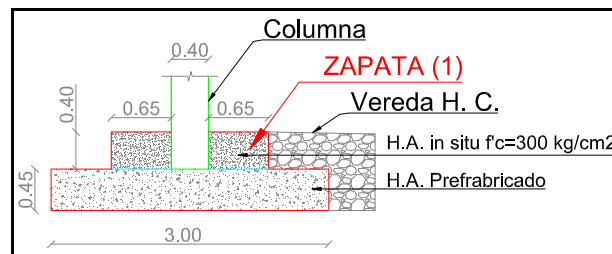


Gráfico 4.4.1.1: Vista preliminar de la sección de una zapata del paso deprimido propuesto

4.4.2. Muros

Los muros tienen la función de resistir cargas y transmitir hacia la zapata, por lo que se debe tener muy en cuenta esta unión y diseñarlo.



4.4.3. Losa superior

La losa superior tiene la función de soportar las cargas de: peso propio, relleno, carga viva y transmitir las fuerzas axiales hacia los muros.

La unión losa superior – muro se tendrá que analizar detenidamente debido a que puede fallar a corte, por este motivo se tendrá que añadir hierros que ayuden a soportar este efecto.

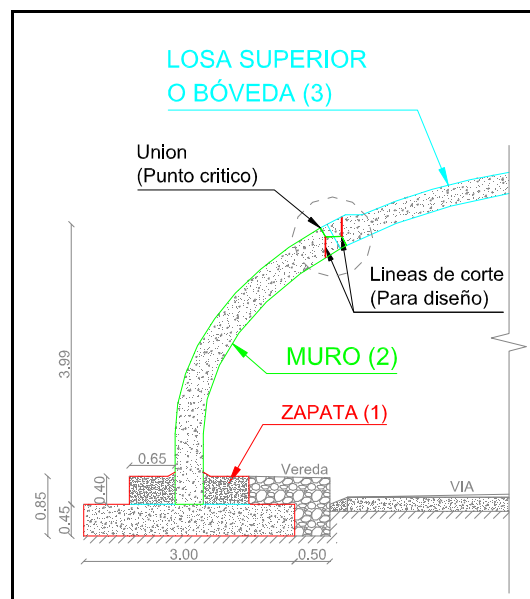


Gráfico 4.4.3.1: Vista preliminar de la sección de la losa superior y muro del paso deprimido propuesto

4.5. Despiece de las secciones para cada elemento

Las zapatas tendrán una sección transversal uniforme debido a que transmiten la carga del paso deprimido hacia la cimentación.

Los muros o estribos tendrán una característica aliviada como se muestra en la siguiente figura:



Universidad de Cuenca

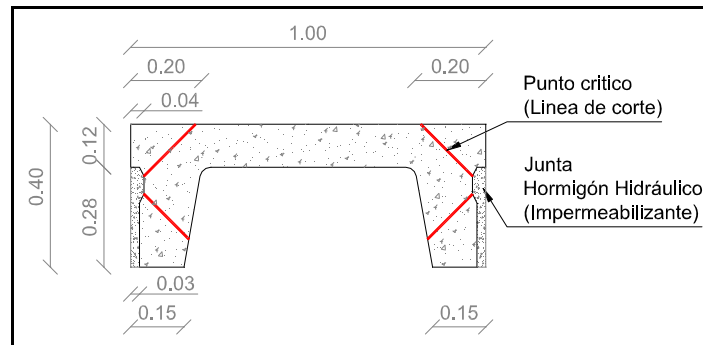


Gráfico 4.5.1: Vista transversal propuesta de la sección del muro

La losa superior tendrá también una característica aliviada como se muestra en la siguiente figura:

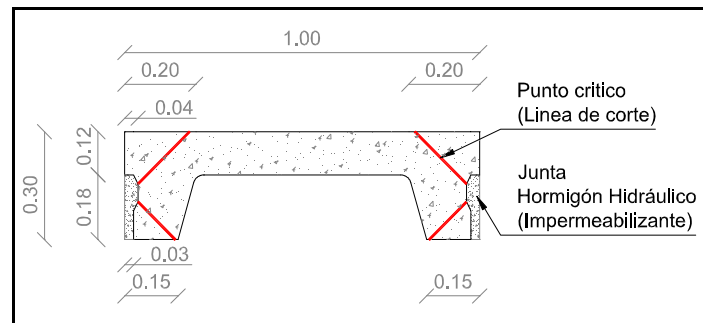


Gráfico 4.5.2: Vista transversal propuesta de la sección de la losa superior o bóveda

4.6. Juntas o uniones

UNIÓN MURO CON ZAPATA:

La estructura propuesta tiene como cualidad que la base de los muros se empotrará en las zapatas, este empotramiento se lo realizará en obra debido a la complejidad de transporte y peso de los mismos.

Las zapatas tienen dos partes, una prefabricada y la otra in situ, a continuación se indica la ubicación de cada una:



Universidad de Cuenca

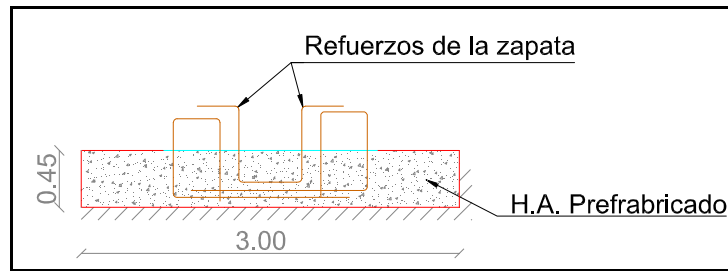


Gráfico 4.6.1: Vista transversal de la zapata de hormigón armado prefabricado

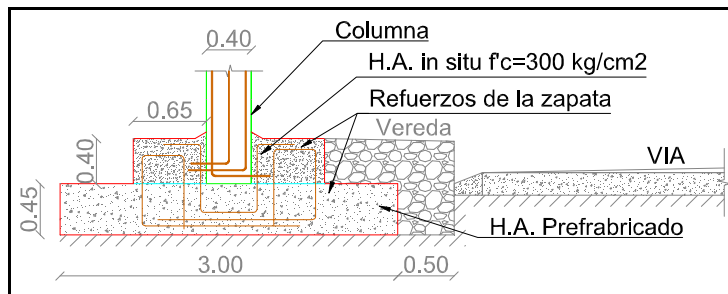


Gráfico 4.6.2: Vista transversal de la zapata completa

UNIÓN LOSA SUPERIOR CON MUROS

La unión de los muros con la losa superior se propone articulada, razón por la cual esta unión se tiene que tomar muy en cuenta para el diseño de la misma.

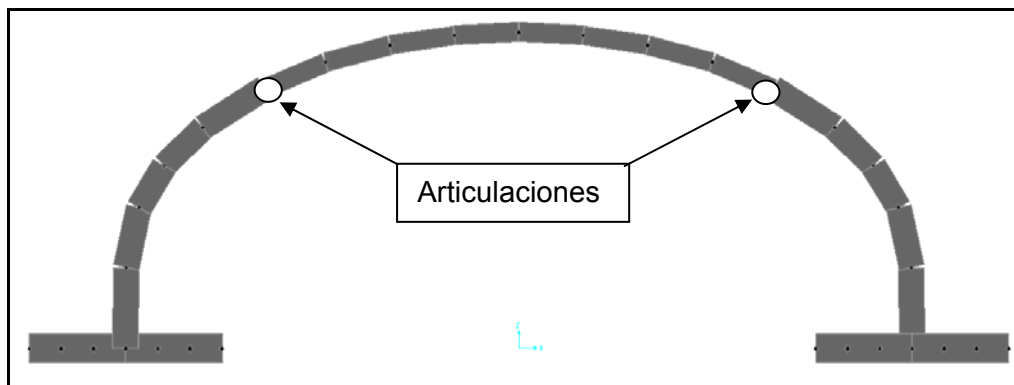


Gráfico 4.6.3: Ubicación de las articulaciones para análisis del paso deprimido propuesto



Universidad de Cuenca

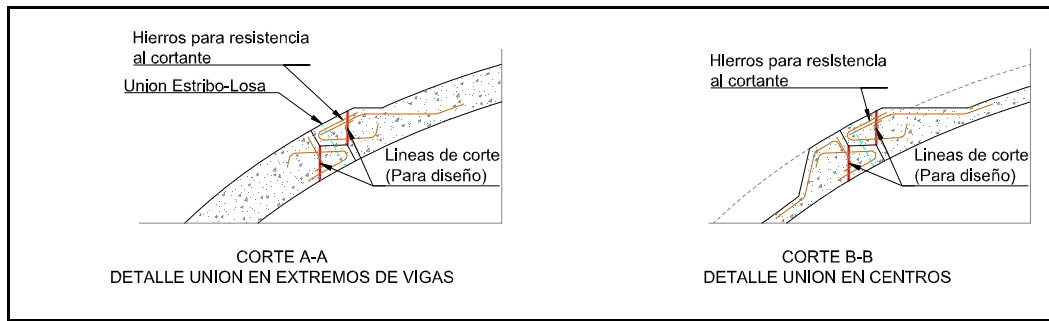


Gráfico 4.6.4: Detalle de unión losa superior con muros

UNIÓN ENTRE SECCIONES EN SENTIDO LONGITUDINAL

Las uniones de las secciones tipo vigas doble T se lo realizará con juntas, que luego de implantarles en obra se añadirá hormigón hidráulico, con lo cual impermeabilizamos la junta.

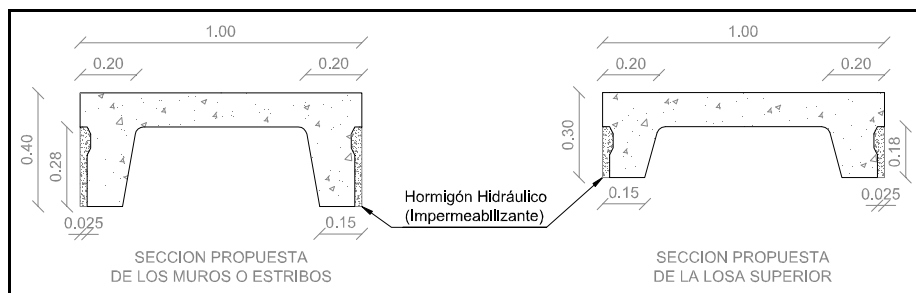


Gráfico 4.6.5: Ubicación de las juntas de las vigas doble T



Universidad de Cuenca

**CAPÍTULO 5:
MODELACIÓN EN ORDENADOR**



5.1. Programa de análisis SAP2000, alternativas de modelamiento

El programa SAP2000 es una herramienta muy poderosa que permite realizar cálculos de estructuras simples o complejas con rapidez y facilidad en la obtención de los resultados.

Una de las principales características del SAP2000 es su interfaz gráfica, que permite visualizar la modelación en 2D o 3D.

La solución del problema de análisis estructural estático se logra a través del método de las rigideces, que está ampliamente descrito en muchas publicaciones y, por eso, una breve descripción del proceso se da a continuación.

1. Determinación de la matriz de rigidez para cada elemento individualmente considerado en su sistema de coordenadas locales.
2. Transformación de la matriz de rigidez para cada elemento al sistema global de coordenadas y ensamble de estas en la matriz de rigidez de la estructura, $[K]$.
3. Solución de las ecuaciones de equilibrio $\{B\}=[K] \{A\}$, donde $\{B\}$ representa las cargas aplicables en los nudos y $\{A\}$ los desplazamientos desconocidos de los nudos, y;
4. Determinación de las fuerzas internas de los elementos y sus desplazamientos a través de expresiones que relacionan estas incógnitas con los desplazamientos de los nudos $\{A\}$.

Para introducir la información al programa se siguieron las instrucciones que el manual de uso lo señala.

Ya trazado el modelo en el programa, es necesario definir el material, tipo de sección, tipo de carga (viva, muerta, sismo, etc.), las combinaciones de cargas, luego se los asigna las propiedades a cada elemento y damos restricciones o condiciones de contorno. Se ejecuta en modelo y se visualizan todos los datos o resultados.



Universidad de Cuenca

Se visualiza a continuación la estructura con tres tipos de modelaciones, las cuales se diferencian entre sí por las consideraciones de las cargas:

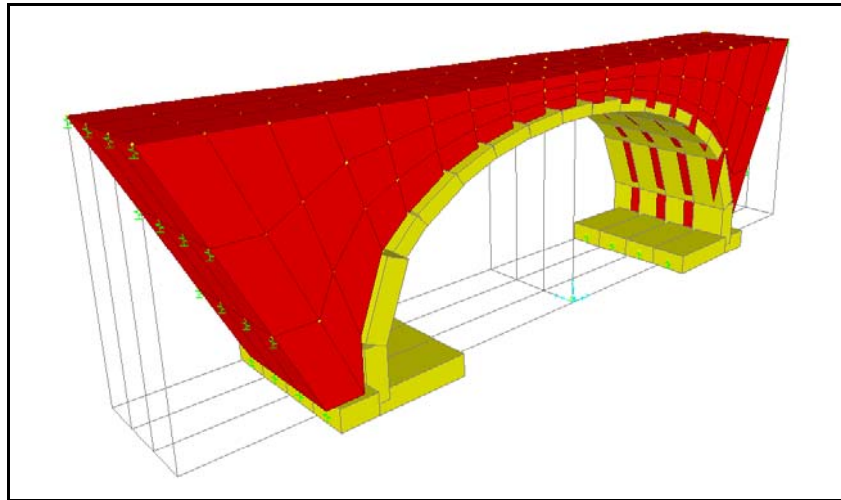


Figura 4.1.1. Estructura con sólidos modelada en el SAP2000

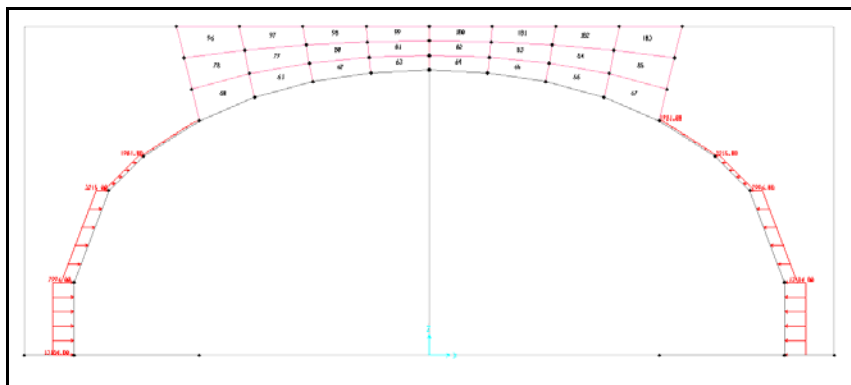


Figura 4.1.2. Estructura con sólidos y cargas horizontales modelada en el SAP2000

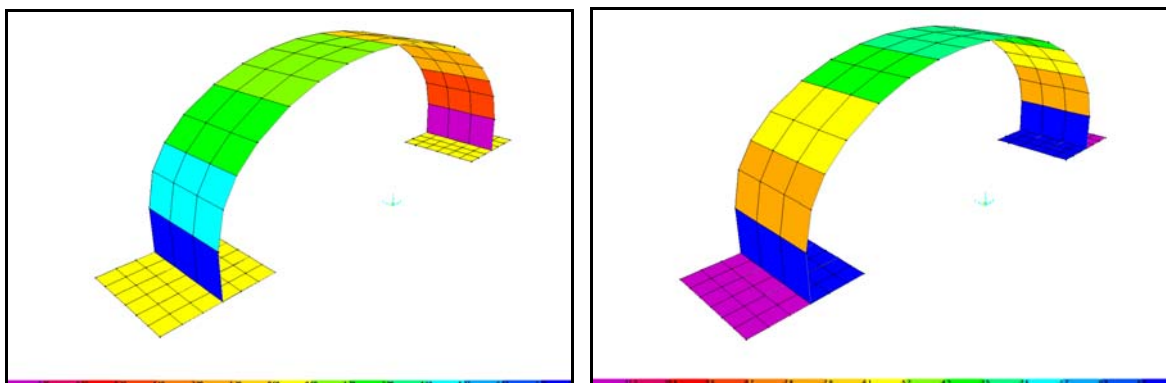


Figura 4.1.3. Estructura con elementos tipo shell, cargas horizontales (izquierda) y verticales (derecha) modelada en el SAP2000

De las tres modelaciones antes indicadas se tiene lo siguiente:



Universidad de Cuenca

Los sólidos para la primera y segunda modelación tienen las siguientes características:

Peso Específico del Suelo γ (kg/m ³) =	1900	Arena, limo o arcilla compactada
Módulo de Elasticidad E (kg/cm ²) =	3000	Suelos Compactos
Coefficiente de Poisson ν =	0.3	0.40 Granular suelto 0.45 Granular Compactación Media 0.50 Granular bien compactado

-La primera modelación con sólidos nos da resultados no esperados (poco conservadores), concluyendo que el modelo no es el apropiado.

-La segunda modelación con sólidos en la losa superior o bóveda y cargas horizontales en los muros se acerca más a los resultados esperados.

-En la tercera modelación se introdujo las cargas tanto horizontales como verticales en los elementos tipo shell, viéndose que el modelo se acerca todavía más a los resultados esperados.

De las tres modelaciones antes indicadas se considera que la tercera es la que más se acerca a los resultados esperados, adoptándose este modelo para la representación del problema.

5.2. Preparación de la información para uso del programa

La información que se introduce en el programa de cálculo es la relevante de acuerdo a la idealización realizada, esto es: datos geométricos, características de los materiales, restricciones, cargas y combinaciones de las mismas.

La estructura fue dividida en elementos unidireccionales tipo Frame unidos entre sí en puntos nodales o nudos. Cada uno está referido a un sistema global de coordenadas cartesianas tridimensionales (en base a las cotas previstas en el proyecto). El computador recibe información sobre el número de nudos y elementos en los que se ha subdividido el sistema equivalente; las características de las



Universidad de Cuenca

secciones y de los materiales, se introduce como datos a través del área de la sección transversal y del módulo de elasticidad.

Los datos de la geometría se complementan con los de las condiciones de apoyo y las restricciones impuestas al sistema, todo esto con el fin de lograr estabilidad y garantizar las condiciones de apoyo existentes.

5.3. Proceso de modelamiento

A continuación se presenta una vista lateral de paso deprimido a estudiar.

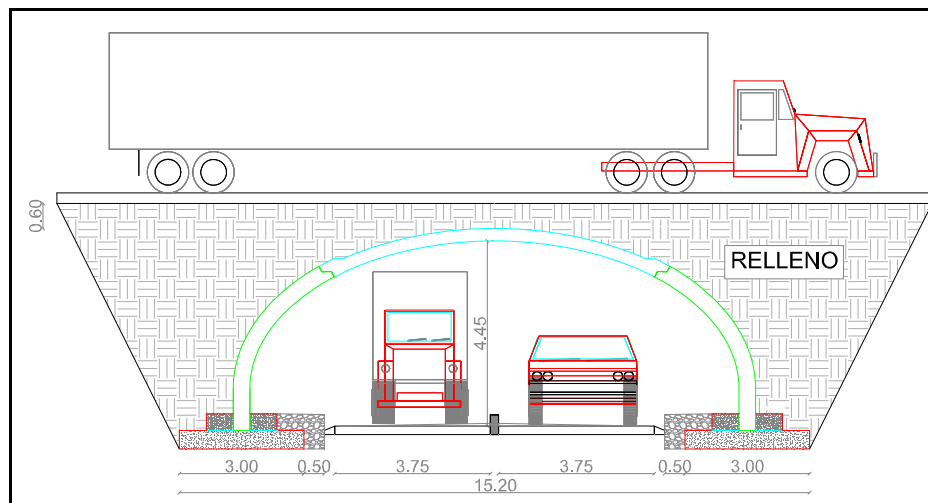


Figura 5.3.1: Definición del paso deprimido

5.3.1. Importación desde Excel al programa SAP2000

La importación para las modelaciones de las tres alternativas se lo realizó desde una hoja de cálculo, la cual se lo forma de la siguiente manera:

PARA PUNTOS:

Type	Name	X	Y	Z	USER
POINT	1	-3.95	0.00	0.00	Y



PARA BARRAS:

Type	Name	COORDENADAS NODO I			COORDENADAS NODO J			NODOS	
		XI	YI	ZI	XJ	YJ	ZJ	I	J
LINE	1	-3.95	0.00	0.00	-6.10	0.00	0.00	1	2

Para las modelaciones con sólidos, éstas se tienen que importar con el siguiente formato:

PARA SÓLIDOS: Esta opción se la realizó solo para la alternativa 1 de modelamiento

Type	Name	1			2			3 --- 7	8		
		X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	-----	X8	Y8	Z8
SOLID	1	-6.95	0.00	0.00	-6.10	0.00	0.00	-----	-6.96	1.00	1.88

Una vez editada la hoja de cálculo como se indicó, señalamos, copiamos (ctrl C) y pegamos (ctrl V) en el programa Sap2000, el cual nos muestra de la siguiente manera (con sólidos):

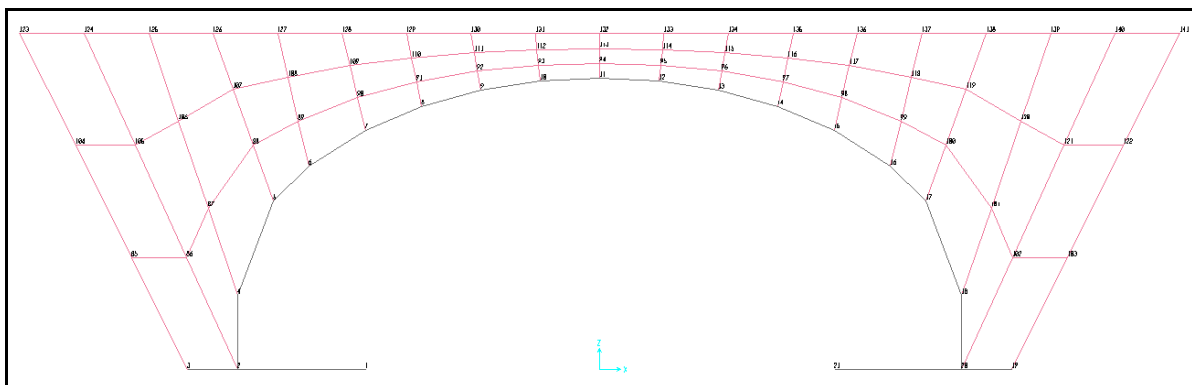


Figura 5.3.1.1 Importación al Sap2000 desde una hoja de cálculo



5.4. Aspectos generales para el modelamiento

Para el cálculo y diseño estructural se han utilizado en general las normas dadas por la AASHTO. En la definición estructural del proyecto se han considerado las siguientes partes:

- Infraestructura, y;
- Superestructura.

Los pasos deprimidos de Hormigón Armado para nuestro estudio están constituidos por vigas doble T de un metro de longitud en sentido transversal para los muros o estribos y losa superior.

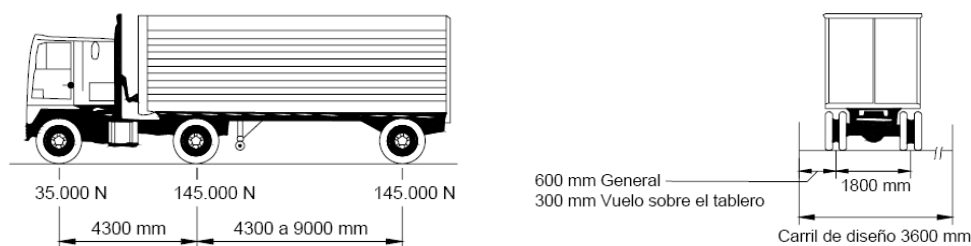
Se escogió este tipo de estructura para el paso deprimido debido a las cargas que tienen que resistir.

5.4.1. Combinaciones de cargas para diseño

Las cargas que se han tomado en cuenta para el diseño son las siguientes:

- Carga muerta o peso propio.
- Cargas vivas de tránsito.
- Impacto o efecto dinámico de la carga viva.
- Carga sísmica.

Para el modelamiento de estas estructuras nos basaremos en el sistema de carga viva vehicular (HL-93) que se ubicarán centradas y a un lado de la estructura, el cual tiene las siguientes características:





Se adicionará la carga de carril de diseño que consiste en una carga de 9.3 N/mm, uniformemente distribuida en la dirección longitudinal. Transversalmente se supondrá uniformemente distribuida sobre un ancho de 3000mm.

Cada modelación tiene las siguientes ubicaciones de cargas puntuales y adicionalmente la carga distribuida.

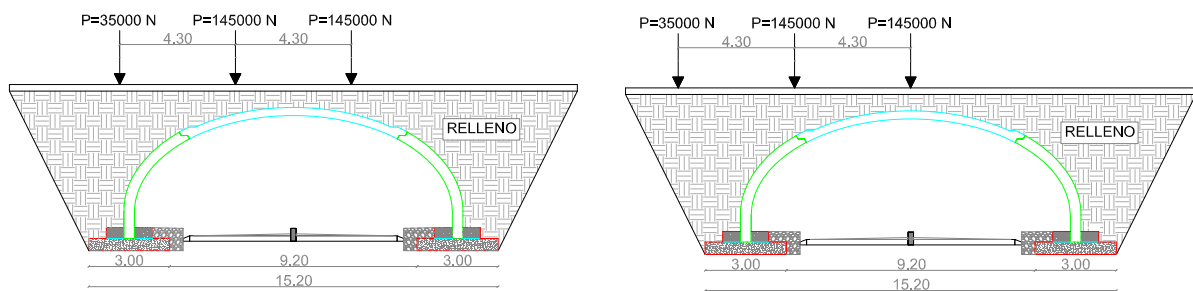


Figura 5.4.1.1 Ubicación de cargas en modelos con relleno (camión HL-93).

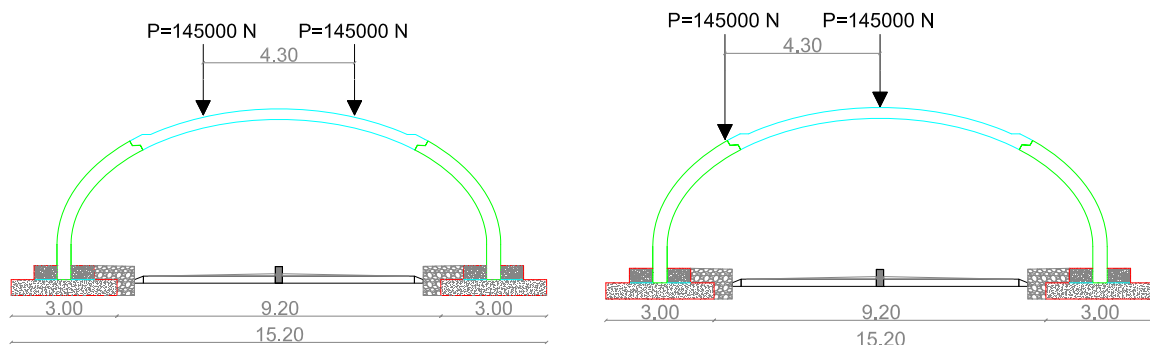


Figura 5.4.1.2 Ubicación de cargas en modelos sin relleno (camión HL-93).

Se utilizará las siguientes combinaciones de carga según el AASHTO:

- Resistencia I: Combinación de carga básica que representa el uso vehicular normal de un puente o paso deprimido, sin viento.
- Evento Extremo I: Combinación de carga que incluye sismo.
- Servicio III: Combinación de carga relacionada exclusivamente con la tracción en superestructuras de hormigón pretensado, con el fin de controlar la fisuración.



Universidad de Cuenca

Combinación de Cargas	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Usar sólo uno por vez			
										EQ	IC	CT	CV
Estado Límite													
RESISTENCIA I (a menos que se especifique lo contrario)	γ_p	1,75	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
SERVICIO III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-

Se utilizará: γ_p de (1.2), γ_{EQ} de (0.5)

5.4.2. Propiedades de los materiales y cargas a utilizar en el diseño

Los principales pesos unitarios utilizados para la estructura y la cimentación fueron los siguientes:

- Hormigón armado = 2400kg/m³
- Relleno con material compactado = 1900kg/m³
- Refuerzo f_y = 4200 kg/cm²

5.4.2.1. Carga muerta

Las cargas muertas que debe soportar una estructura particular incluyen todas las cargas que están unidas de manera permanente a ella. No sólo debe ser incluido el peso de los marcos estructurales, sino también el de instalaciones eléctricas, hidráulicas, luminarias, entre otras.

5.4.2.2. Carga viva

Esta carga considera el peso de los vehículos, así como la carga peatonal que circulara sobre el paso deprimido propuesto.

Para la carga de vehículos, debido a la luz del paso a desnivel, se encontró que el camión normalizado, correspondiente al HL-93 o HS-20-44 produjo los mayores



Universidad de Cuenca

esfuerzos, este se localizó buscando siempre la posición que produzca las mayores sollicitaciones en las distintas partes de la estructura.

Estas cargas pueden variar en magnitud y posición con el tiempo; son causadas por la ocupación, uso y mantenimiento de la estructura. Prácticamente, todas las cargas aplicadas a un paso deprimido que no son cargas muertas son cargas vivas.

5.4.2.3. Impacto o efecto dinámico de las cargas vivas

Este efecto se lo cuantifico de acuerdo al respectivo coeficiente que se especifica en las normas correspondientes de la AASHTTO para las cargas vivas.

El coeficiente de impacto es expresado como un porcentaje de mayoración de la carga de uso, el mismo es de 0.30 dada la dimensión de la estructura, y cumple con lo siguiente:

$$I = 15.24/(L+38) < 0.33$$

5.4.2.4. Carga Sísmica

El procedimiento de cálculo no se detallará en este informe, para cubrir este factor se consideró:

1.- Una opción para el diseño con cargas sísmicas en un programa de cálculo como es el SAP 2000 nos da la facilidad de introducir un espectro sísmico de respuesta con las características del suelo del área donde se implantaría el paso deprimido con lo cual la modelación se hace más real.

2.- Método de Mononobe Okabe para determinar presiones estáticas equivalentes a las cargas sísmicas.



3.- Según las Especificaciones AASHTO numeral 4.7.4.2 Análisis dinámico para puentes de un solo tramo no se requiere análisis sísmico, independientemente de la zona sísmica en la cual estén ubicados.

5.4.3. Hipótesis de carga

Las cargas vivas y muertas, se combinaron entre sí a fin de reproducir las condiciones de carga más desfavorables en el uso de la estructura. Para el análisis y diseño de los elementos de la estructura se estudiaron los siguientes casos:

Caso:

1. peso propio + carga viva + impacto
2. peso propio + carga viva + impacto + carga sísmica
3. peso propio + carga sísmica

5.4.4. Cálculo del coeficiente de balasto

El creador de este modelo de interacción estructura-terreno fue Winkler, y tiene múltiples aplicaciones, no sólo en el campo de las cimentaciones, sino en cualquier problema que pudiese adaptarse a este modelo.

Recordemos que, en el modelo de Winkler, el coeficiente de balasto k_s es un parámetro que se define como la relación entre la presión que actúa en un punto, p , y el asiento que produce, y , es decir: $k_s = p/y$. Este parámetro tiene la dimensión de un peso específico y, aunque depende de las propiedades del terreno, no es una constante del mismo ya que el asiento de una cimentación apoyada sobre un medio pseudo elástico, depende de las dimensiones del área cargada.

En el caso de tener una mezcla de suelos, una solución puede ser el hacer una interpolación a partir de los valores anteriores (k_s , cuadrada cohesiva y k_s , cuadrada arenosa) y la proporción existente de dichos suelos.



Universidad de Cuenca

A continuación se presenta el cálculo del coeficiente de balasto en puntos externos e internos de las zapatas, dividiendo en cuadrados con áreas de 50 cm de lado.

L = 3 m
 b = 1 m
 h = 0.45 m
 K30x30 = 3 kp/cm3
 29.43 N/cm3
 3 kg/cm3
 29430 kN/m3

$k_{s, \text{cuadrado arenoso}} = k_{s,30} [(b+0,30)/(2b)]^2$ **12434.18** KN/m3
 $K_{s, \text{Cuad}} = k_{s, \text{cuadrado cohesivo}} = k_{s,30} [0,30/b]$ 8829.00 KN/m3
 $K_{s, \text{Rect}} = k_{s, \text{rectangular}} = (2/3) k_{s, \text{cuadrado}} [1 + b/(2l)]$ 9671.03 KN/m3

Área Tributaria Externos = 0.125 m2 = 1250 cm2
 Área Tributaria internos = 0.25 m2 = 2500 cm2

Con $\theta = 20^\circ$
 $K_z = K_b * \text{área tributaria}$
 $K_x = K_y = K_b (1 - \text{sen}\theta) \text{área tributaria}$

Externo	Interno	Unidad	
1586	3172	kg/cm	Traslación 3
1044	2087	kg/cm	Traslación 1

$K_z = K_b * \text{área tributaria}$
 $K_x = K_y = K_b (1 - \text{sen}\theta) \text{área tributaria}$

158599	317198	kg/m	Traslación 3
104355	208710	kg/m	Traslación 1

Valores para Sap2000

Suelo Arenoso: Cuadrado			
Externo	Interno	Unidad	
158600	317200	kg/m	Traslacion 3
104360	208710	kg/m	Traslacion 1

Se calculó las reacciones de la zapata con un K30x30 = 3 kg/cm3, el cual sería para características normales del suelo con una buena granulometría, si calculamos con 2 y 4 kg/cm3 en el modelo no tiene cambios significativos en los resultados de la estructura.



Universidad de Cuenca

5.5. Análisis de la estructura mediante la ejecución del programa SAP2000

Una vez ingresados todos los datos en el programa SAP2000 (modelo, dimensiones, restricciones, cargas, combinaciones), se corre el programa y para la obtención de los valores de momento, cortante, axial de cada elemento se exporta los resultados al Excel.

Lo que se hace primero es seleccionar los elementos que se vayan a diseñar por lo que es recomendable ponerlos en grupos y luego sacar la tabla de resultados, exportamos al Excel y allí calculamos los máximos esfuerzos para diseñarlos.

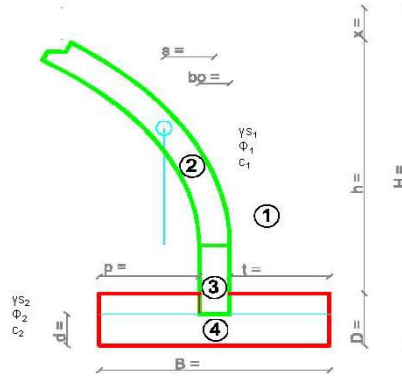


5.6. Cálculo de las cargas debido al relleno

CÁLCULO DE LAS CARGAS DE RELLENO PARA EL PASO DEPRIMIDO PROPUESTO

DATOS:

$\gamma_{concreto}$ (kg/m ³) =	2400
γ_{sl} (kg/m ³) =	1900
$\Phi 1$ (°) =	30
c1 =	0
u =	0.45
q (kg/m) =	5000
γ_{s2} (kg/m ³) =	1900
$\Phi 2$ (°) =	20
c2 =	0



DIMENSIONES APROXIMADAS:

(Tomado del libro Principio de ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das y Hormigón Reforzado de Roberto Rochel Awad)	
B (m) = 0,4 - 0,7 H	2.45
D (m) =	0.75
d (m) = H/12 a H/14	0.34
p (m) = B/3	0.82
t (m) =	1.43
bo _{min} (m) =	0.20
binf (m) =	0.34
H (m) =	4.45

Asumidos:	
B (m) =	3.00
D (m) =	0.75
d (m) =	0.75
p (m) =	1.30
t (m) =	1.30
bo (m) =	0.40
binf (m) =	0.40
H (terreno) =	4.45
H (muro) =	3.70

SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO .-

Nota: no se considera el empuje pasivo que estabiliza el muro

Con la teoría de Rankine, la cual desprecia la fricción existente entre el material del muro y el suelo del relleno para muros de hasta aproximadamente 9 m.

$$Pa = \frac{ka * \gamma * H^2}{2}$$

$$ka = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$y = \frac{H}{3}$$

ka (H) =	0.33
Pa (H) =	6270.79

CM + CV

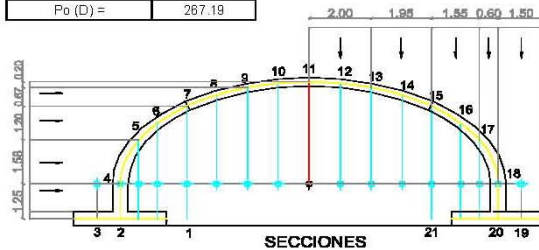
$$FS_{VOLTEO} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \geq 2$$

ΣM_R = momento de estabilidad
 ΣM_O = momento de volcamiento

CM + CS

$$FS_{VOLTEO} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \geq 1.5$$

ko (D) =	0.50
Po (D) =	287.19



X (m)	H (m)	Valores de (Pa) para cada H desde la Base				
		0	1	2	3	4
0.00	4.45	6271	3769	1901	666	64
1.00	5.45	9406	6271	3769	1901	666
0.9m cupula + 0.6m de relleno	1.50	11211	7769	4941	2756	1204

0.9m cupula + 0.6m de relleno

X (m)	H (m)	Valores de Fuerza Vertical para cada H desde la derecha segun grafico				
		0	2	3	4	4.45
0.00	4.45	8455	4655	2755	855	0
1.00	5.45	10355	6555	4655	2755	1900
0.9m cupula + 0.6m de relleno	1.50	11305	7505	5605	3705	2860

0.9m cupula + 0.6m de relleno



5.7. Resultados gráficos obtenidos

En base a lo indicado para el modelamiento, tenemos que la modelación mas critica es cuando no se utilizan los sólidos y se introducen únicamente fuerzas reemplazando la presión del suelo y las cargas vehiculares.

A continuación se muestran algunas figuras como el programa SAP2000 muestra los resultados gráficamente:

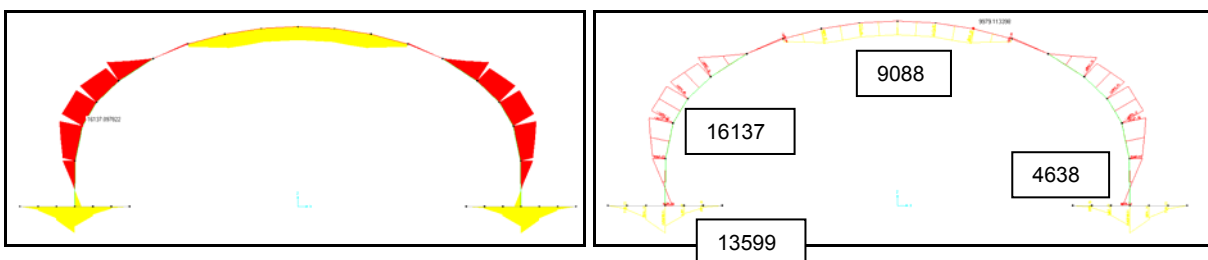


Figura 5.7.1 Gráfica de momentos del paso deprimido

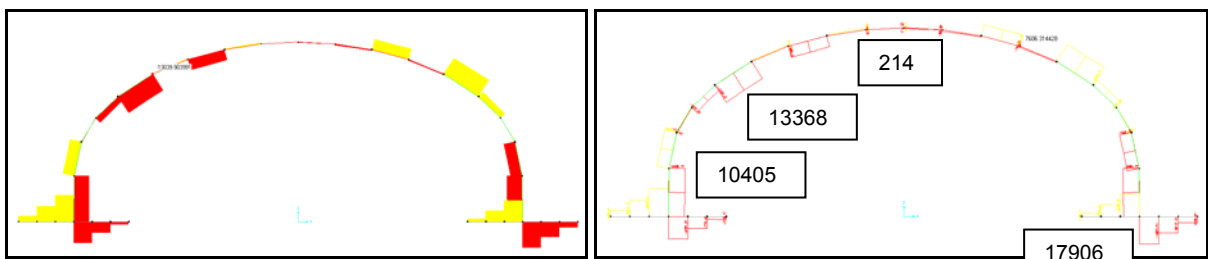


Figura 5.7.2 Gráfica de cortante del paso deprimido

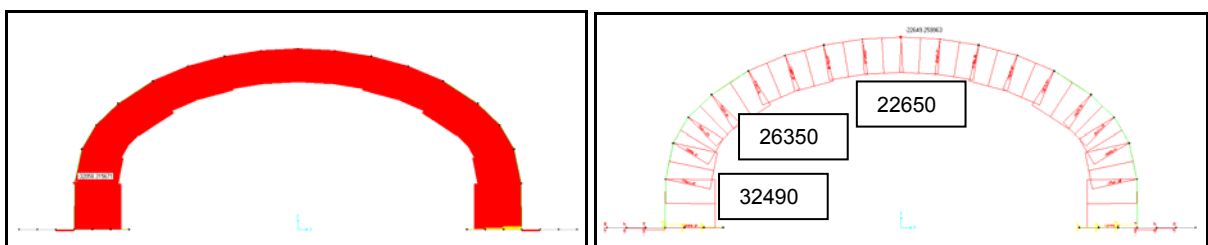


Figura 5.7.3 Gráfica de esfuerzo axial del paso deprimido

La figura de presiones de los elementos shell es:



Universidad de Cuenca

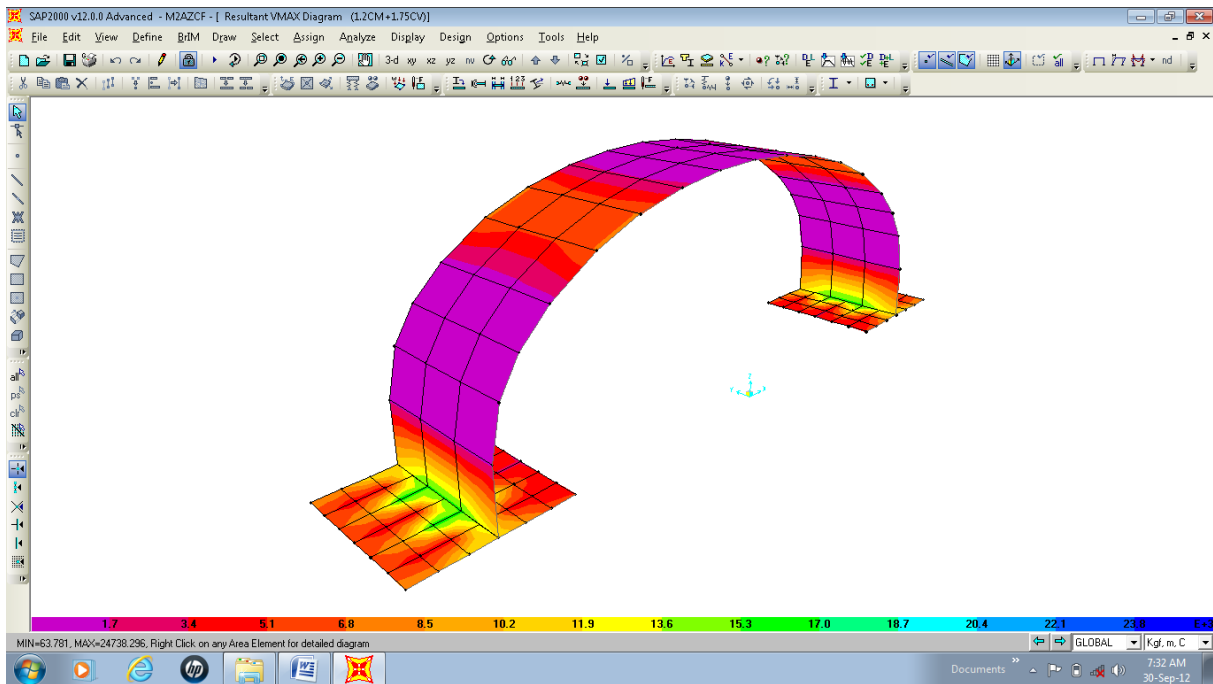


Figura 5.7.4 Gráfica de presiones en las caras del paso deprimido

5.8. Reporte de reacciones en zapatas

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	F3	F3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Envolvente	D+L
22	Envolvente	Combination	Max	412.77	0.33	2302.56	2302.56	
22	Envolvente	Combination	Min	131.46	0.2	1531.06		
22	D+L	Combination		244.71	0.23	1528.96		1528.96
23	Envolvente	Combination	Max	826.59	-0.42	7694.57	7694.57	
23	Envolvente	Combination	Min	263.17	-0.85	5755.23		
23	D+L	Combination		490.02	-0.45	5881.29		5881.29
24	Envolvente	Combination	Max	412.92	-0.21	4902.2	4902.2	
24	Envolvente	Combination	Min	131.58	-0.35	3613.96		
24	D+L	Combination		244.83	-0.24	3826.64		3826.64
88	Envolvente	Combination	Max	825.84	-0.3	9077.27	9077.27	
88	Envolvente	Combination	Min	263.14	-0.48	6832.42		
88	D+L	Combination		489.65	-0.32	7117.75		7117.75
91	Envolvente	Combination	Max	826.05	-0.26	8354.36	8354.36	
91	Envolvente	Combination	Min	263.14	-0.46	6389.71		
91	D+L	Combination		489.75	-0.28	6552.57		6552.57
95	Envolvente	Combination	Max	825.88	-0.13	6749.59	6749.59	
95	Envolvente	Combination	Min	263	-0.3	4915.27		



Universidad de Cuenca

95	D+L	Combination		489.62	-0.13	4998.33		4998.33
98	Envolvente	Combination	Max	825.56	0.22	5690.37	5690.37	
98	Envolvente	Combination	Min	262.91	0.11	3997.26		
98	D+L	Combination		489.44	0.15	4036.71		4036.71
115	Envolvente	Combination	Max	825.48	1E-09	9061.54	9061.54	
115	Envolvente	Combination	Min	262.99	-8E-10	6822.49		
115	D+L	Combination		489.42	1E-10	7106.4		7106.4
116	Envolvente	Combination	Max	412.77	4E-10	4890.51	4890.51	
116	Envolvente	Combination	Min	131.53	-3E-10	3606.56		
116	D+L	Combination		244.74	6E-11	3818.16		3818.16
118	Envolvente	Combination	Max	825.64	1E-09	8343.51	8343.51	
118	Envolvente	Combination	Min	263.01	-1E-09	6381.64		
118	D+L	Combination		489.5	8E-11	6543.79		6543.79
120	Envolvente	Combination	Max	825.41	2E-09	7662.75	7662.75	
120	Envolvente	Combination	Min	262.87	-2E-09	5732.6		
120	D+L	Combination		489.35	6E-11	5857.95		5857.95
121	Envolvente	Combination	Max	825.3	3E-09	6733.89	6733.89	
121	Envolvente	Combination	Min	262.72	-2E-09	4904.91		
121	D+L	Combination		489.25	4E-11	4988.07		4988.07
123	Envolvente	Combination	Max	825.08	3E-09	5670.08	5670.08	
123	Envolvente	Combination	Min	262.66	-3E-09	3983.73		
123	D+L	Combination		489.12	2E-11	4023.15		4023.15
125	Envolvente	Combination	Max	412.57	2E-09	2289.9	2289.9	
125	Envolvente	Combination	Min	131.36	-2E-09	1522.77		
125	D+L	Combination		244.58	-4E-13	1520.68		1520.68
SUMA:							89423.1	67800.45



Universidad de Cuenca

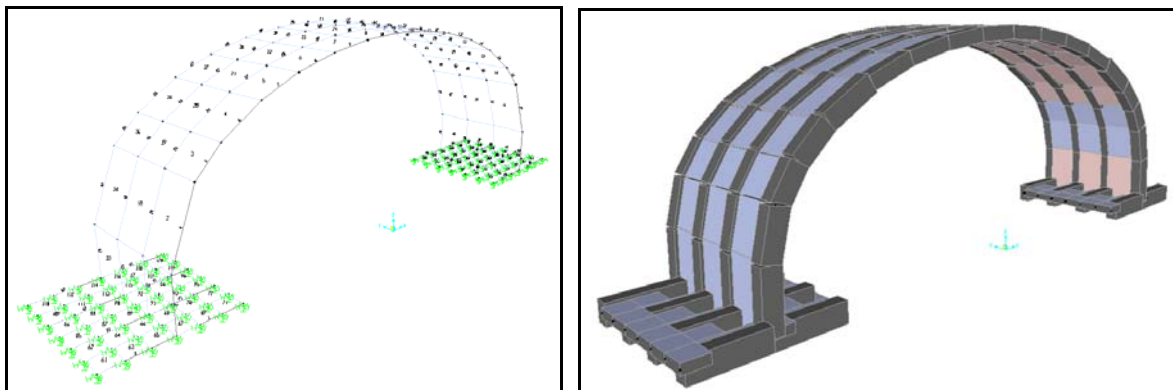
CAPITULO 6:
DISEÑO Y DETALLAMIENTO DE PLANOS



6.1. Resultados del computador.

Los resultados obtenidos del computador, comprenden lo siguiente:

- Desplazamientos de los nudos en sentido de los ejes coordenados cartesianos globales.
- Momento flector y esfuerzo cortante en los extremos de cada elemento.
- Carga axial en cada elemento.



Figuras 6.1.1 Gráfica del Modelo en programa Sap2000

6.2. Diseño estructural

El diseño de los distintos elementos como son zapata, muros y losa superior se basa en los reportes del programa, con las cargas más críticas según la modelación indicada en el capítulo anterior.

6.3. Análisis de muros

Los muros se analizaron y diseñaron con los máximos esfuerzos tanto en el Sap2000 como en una hoja de cálculo.

La modelación en el Sap2000 se muestran en las siguientes figuras:



Universidad de Cuenca

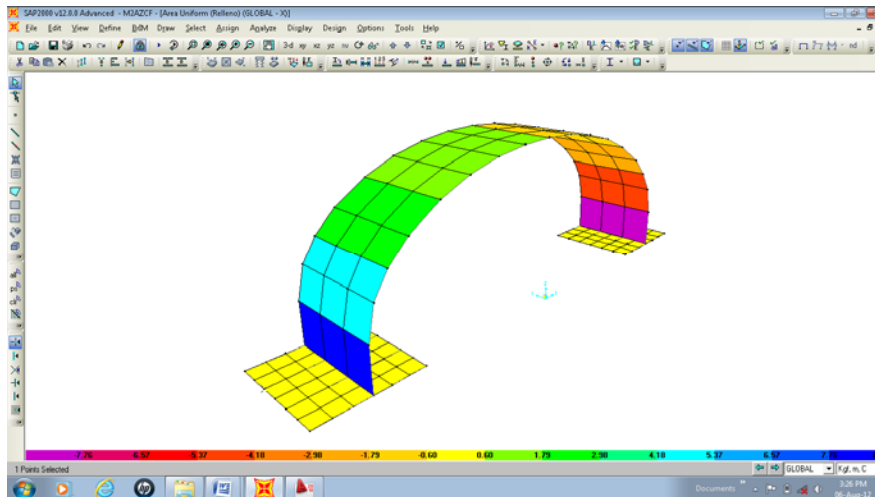


Figura 6.3.1 Gráfica de modelo con carga horizontal (X)

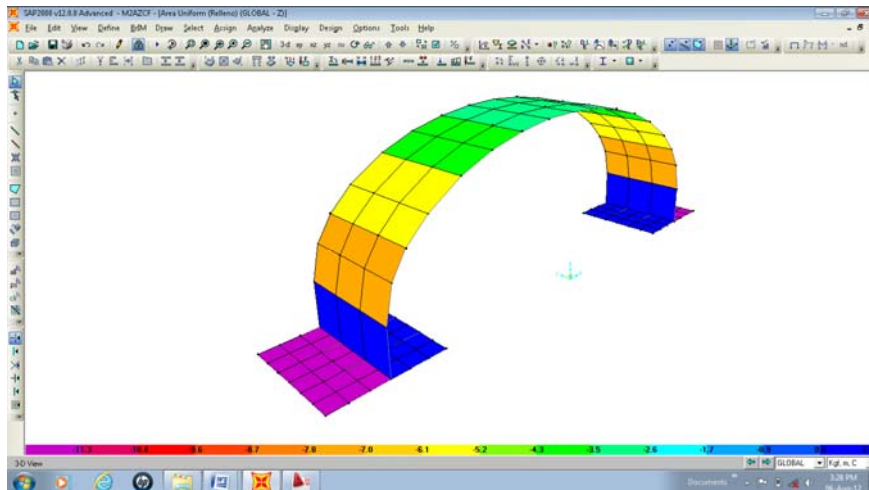


Figura 6.3.2 Gráfica de modelo con carga vertical (Z)

Con el objeto de evitar la humedad debido al nivel freático y a que se trata de una estructura rígida, se considera para el empuje del suelo la siguiente relación:

$$P_a = k_a * \gamma * \frac{H^2}{2}$$

En donde:

P_a = Empuje activo del Suelo

k_a = Coeficiente de presión de tierra (0.3 – 0.5)

γ = Densidad del suelo, 1900kg/cm³



Universidad de Cuenca

Se consideró la influencia del peso vehicular sobre el terreno que sujeta al muro, con un relleno adicional de 0.60m de altura, como lo recomiendan las normas AASHTO. Con los resultados de los esfuerzos más desfavorables se procede a diseñar los estribos, los cuales se diseñarán como columnas debido a la carga axial.

Se tiene otro modelo y análisis de pasos deprimidos de una vía, la cual fue modelada y diseñada solo con un relleno de 0.60 m de altura.

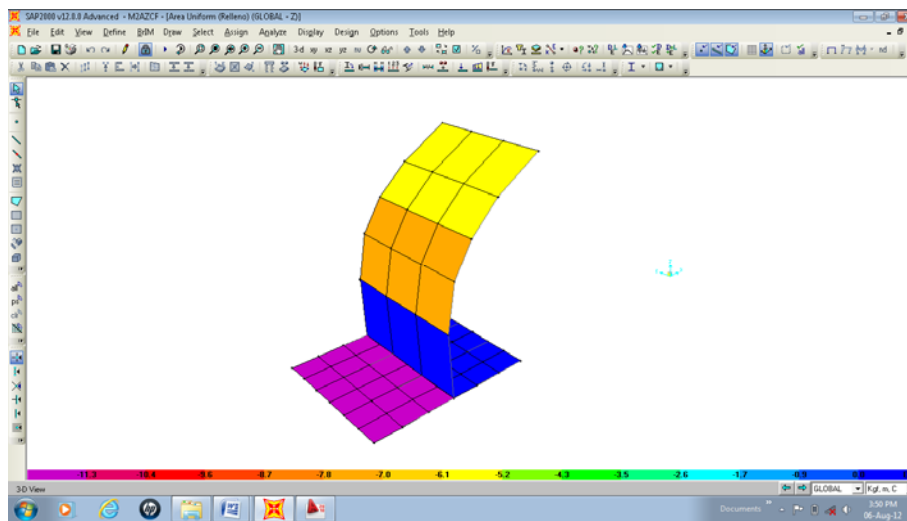


Figura 6.3.3 Gráfica de modelo Muro Independiente

Si ocultamos las presiones se puede ver el muro de la siguiente manera:

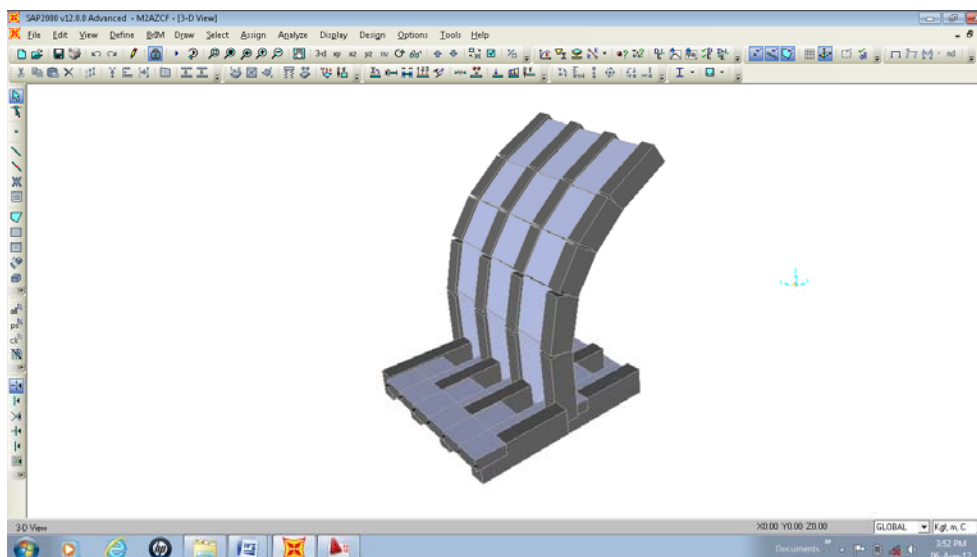


Figura 6.3.4 Gráfica de modelo Muro Independiente en 3D



Universidad de Cuenca

Una vez modelado con todas las cargas y restricciones, se procede a ver las deformaciones correspondientes y verificar que estén en los rangos máximos.

La siguiente figura nos muestra la deformación del muro independiente en el programa Sap2000.

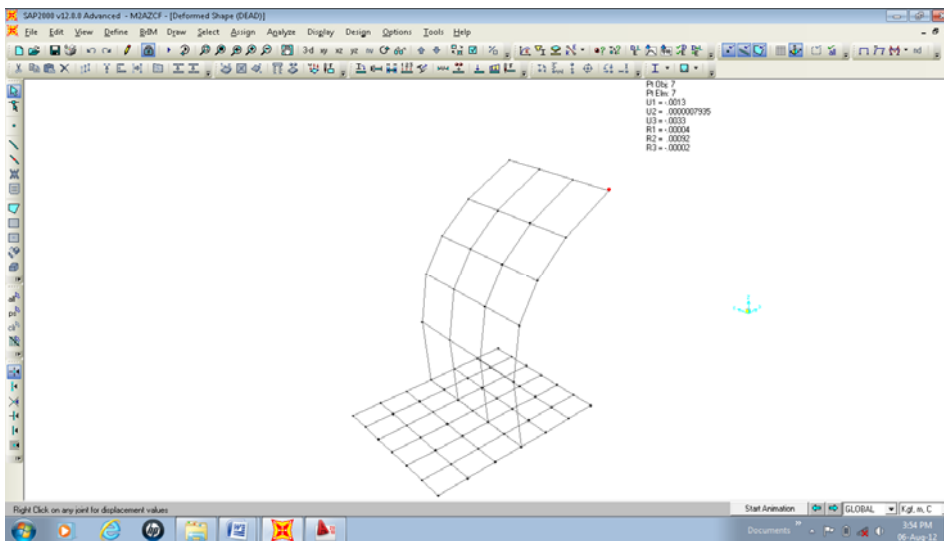
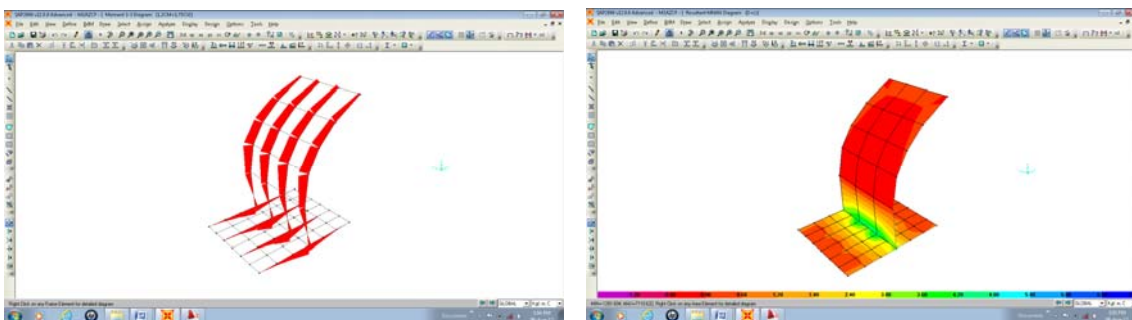


Figura 6.3.5 Gráfica de deformaciones muro Independiente

El muro independiente tiene como resultado la siguiente figura de momentos:



Figuras 6.3.6 Gráfica de Momentos de Frames y Shell de Muro Independiente

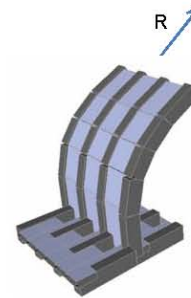


6.4. Diseño de unión de muro con losa superior

DISEÑO DE APOYO DE LOSA SUPERIOR CON FUERZA DE REACCIÓN DE LA LOSA

Considerando como viga que soporta el peso del suelo, peso propio y la sobrecarga

Propiedad/Unidad	Resistencia Viga
f_c (kg/cm ²) =	280
b_w (cm) =	100
h (m) =	0.4
d (cm) =	35
α =	60
Recubrimiento (cm) =	5
ϕ =	0.75



Corte: $\phi V_c > V_u$ $V_c = 0,53\sqrt{f'_c} * b_w * d$

ϕV_c =	23280.07
--------------	----------

R (kg) =	26400.00
V_u (kg) = $R * \cos(\alpha)$ =	13200.00

Valor Resultante de Fuerza Axial en Sap2000

Peralte cumple a corte **OK**

Armadura de temperatura:

$A_s = 0,0025(100 * d) =$	8.75	cm ² / m
As cara superior =	5.83	cm ² / m

Diámetro de las varillas a usar (mm)	Área de la varilla	Nº de Varillas necesarias en 1 m	Separación (cm)	Separación Centros (cm)
12	1.13	8	12.0	13



6.5. Diseño de zapata

DISEÑO DE REFUERZO DE LA ZAPATA

DATOS:

	$f_y =$	4200	Kg/cm ²	
	$f'_c =$	280	Kg/cm ²	
	$r (H^{\circ} A^{\circ}) =$	2400	Kg/m ³	
ZAPATA	$B =$	300.00	cm	
	$L =$	100.00	cm	
COLUMNA	$h =$	40	cm	
	$h' =$	100	cm	
	$F =$	89423	kg	Reaccion Total en Sap2000
	$q_u = F/(B \times L)$	2.98	Kg/cm ²	
	Recubrimiento1=	7.5	cm	
	Recubrimiento2=	7.5	cm	

Acción Viga

$$x = \frac{B}{2} - \frac{h}{2} = 130 \text{ cm}$$

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * B * d = 83675 \text{ kg}$$

$$V_u = (x - d) B * q_u = 83163 \text{ kg}$$

$d = 37 \text{ cm}$ valor válido

Acción Loza

$$b_o = 4(h + d) = 360 \text{ cm}$$

$$\phi V_c = 1.1 * \sqrt{f'_c} * b_o * d = 112648 \text{ kg}$$

$$V_u = (B^2 - (h + d)^2) * q_u = 67962 \text{ kg}$$

$d = 20 \text{ cm}$ valor válido

Valor de "d" para el diseño:

37 cm

Valor de "h":

45 cm

Diseño a Flexión:

$$M_u = (x * B * q_u) \frac{x}{2} = 7556252.0 \text{ kg - cm}$$

$$R_u = \frac{M_u}{0.9 * B * d^2} = 20.44$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2.36 \frac{R_u}{f'_c}} \right) = 0.0051$$

$$A_s = \rho * b * d = 18.92 \text{ cm}^2 \quad \text{donde: } b = L$$

$A_s \text{ de Contracción y Temperatura} = 0.0018 * b * h$

$A_s \text{ (cont y } t^{\circ}) = 8.1 \text{ cm}^2 \quad \text{donde: } b = L$

Por lo tanto se toma $A_s = 18.92 \text{ cm}^2$



Universidad de Cuenca

Diámetro	# Varillas	Separación
mm	unid	cm
8	38	2.6
10	24	4.2
12	17	5.9
14	12	8.3
16	9	11.1
18	7	14.3
20	6	16.7
22	5	20.0

Se puede utilizar varios niveles o tipos

Separación máxima (3h): 135 cm
 ó 45 cm

Sentido Longitudinal:

As (cont y tº) = 24.3 cm² donde: b = L

Varillas a utilizar:

Diámetro	# Varillas	Separación
(mm)	unid	(cm)
12	21	14.3
Separacion impuesta =		15

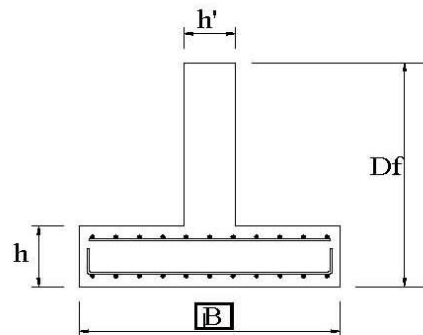
Acero colocado: 23.75 cm²

Longitud de desarrollo:

$$l_d = \frac{f_y}{6.6 \sqrt{f'_c}} \alpha \beta \gamma * db$$

a = 1
 B = 1
 g = 0.8

Ld =	36.5	cm
------	------	----



Longitud del gancho (4 db): 4.8 cm
 Diámetros mínimos de doblados (4 db): 4.8 cm



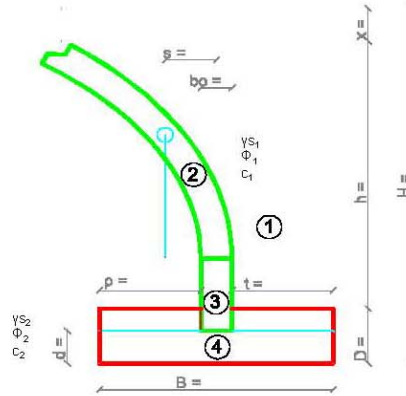
6.6. Diseño de muro

DISEÑO DE MUROS PARA EL PASO DEPRIMIDO PROPUESTO

Simbología	Valor para ingresar
Resultado	Resultado

DATOS:

$\gamma_{concreto}$ (kg/m ³) =	2400
γ_{s1} (kg/m ³) =	1900
$\Phi 1$ (°) =	30
$c1$ =	0
u =	0.45
q (kg/m) =	5000
γ_{s2} (kg/m ³) =	1900
$\Phi 2$ (°) =	20
$c2$ =	0



DIMENSIONES APROXIMADAS:

(Tomado del libro Principio de ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das y Hormigón Reforzado de Roberto Rochel Awad)	
B (m) = $0,4 - 0,7 H$	2.45
D (m) =	0.75
d (m) = $H/12$ a $H/14$	0.34
p (m) = $B/3$	0.82
t (m) =	1.43
bo_{min} (m) =	0.20
bnf (m) =	0.34
H (m) =	4.45
Asumidos:	
B (m) =	3.00
D (m) =	0.75
d (m) =	0.75
p (m) =	1.30
t (m) =	1.30
bo (m) =	0.40
bnf (m) =	0.40
H (terreno) =	4.45
H (muro) =	3.70

SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO .-

Nota: no se considera el empuje pasivo que estabiliza el muro

Con la teoría de Rankine, la cual desprecia la fricción existente entre el material del muro y el suelo del relleno para muros de hasta aproximadamente 9 m:

$$Pa = \frac{ka * \gamma * H^2}{2}$$

CM + CV

ΣM_R = momento de estabilidad

ΣM_O = momento de volcamiento

$$ka = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$FS_{VOLTEO} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} \geq 2$$

CM + CS

$$FS_{VOLTEO} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} \geq 1.5$$

$$y = \frac{H}{3}$$

ka (H) =	0.33
Pa (H) =	6270.79

ko (D) =	0.50
Po (D) =	267.19

Para $a > 0,4m$

$$Pc = -\frac{2 * q * a^2}{\pi * H} \left(\frac{1}{a^2 + 1} - \frac{1}{a^2} \right)$$

Para $a \leq 0,4m$

$$Pc = \frac{0,547 * q}{H}$$

$$bH = \left[-a^2 + \left((a^3 + a) * \tan^{-1} \left(\frac{1}{a} \right) \right) \right] * H$$

$$bH = 0,3922 * H$$

	Para $a > 0,4m$	Para $a \leq 0,4m$
a	0.41	0.4
bH	1.77	1.78
Pc	612.36	614.61
hpc (m)	2.68	2.67

Caso 1 : CV + CM

Calculo del Momento de Volteo

Fuerza	Valor (kg)	Brazo	M_O ($a > 0,4$)	M_O ($a \leq 0,4$)
Po	6270.79	1.48	9301.67	9301.67
Pc ($a > 0,4$)	612.36	2.68	1640.90	
Pc ($a \leq 0,4$)	614.61	2.67		1641.00
Σ			10942.57	10942.67



Universidad de Cuenca

Cálculo del Momento Resistente				
Sección	Area	Peso/Unidad de long. Muro	Brazo desde C	M _r
1	4.810	9139.00	2.35	21476.65
2 + 3	0.2	480	0.75	360
4 Prefabricado	1.35	3240	1.5	4860
4 in situ	0.6	1440	1.5	2160
Po(D)	0.975		0.375	877.5
Resultante Axial		0.00		0.00
Carga		5000		
Σ		19299.00		29734.16

Muro sin losa superior

Caso 1 : CV + CM

Posición de la carga	F _s VOLTEO
a > 0.4	2.72
a ≤ 0.4	2.72

CUMPLE

Caso 2 : CS + CM

F _s VOLTEO
2.84

CUMPLE

SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO.-

CM + CV

$$F_{S_{DESILIZAMIENTO}} = \frac{f * \Sigma EV}{\Sigma EH} \geq 1,5$$

CM + CS

$$F_{S_{DESILIZAMIENTO}} = \frac{f * \Sigma EV}{\Sigma EH} \geq 1,25$$

Nota: no se considera el empuje pasivo.

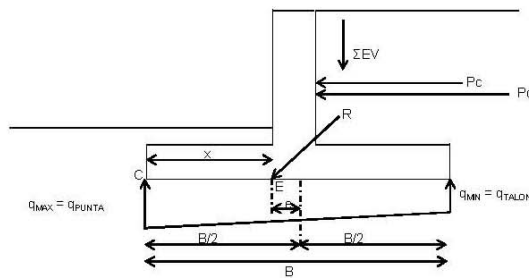
Caso 1 : CV + CM

ΣEV	ΣEH		F _S DESILIZAMIENTO	
	a > 0.4	a ≤ 0.4	a > 0.4	a ≤ 0.4
19299	6883.16	6885.40	1.26	1.26

NO CUMPLE NO CUMPLE

Conclusion: No se rellenara hasta la parte superior

REVISION DE FALLA POR CAPACIDAD DE APOYO:



$$F_{S_{CAPACIDAD DE CARGA}} = \frac{qu}{q_{MAX}} \geq 3$$

$$qu = c_2 N_c F_{cd} F_{ct} + q N_q F_{qd} F_{qt} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{yd} F_{yt}$$

$$q = \gamma_2 D \quad B' = B - 2e \quad F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D}{B'} \quad F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_2 (1 - \sin \phi_2)^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{yt} = 1 \quad F_{ct} = F_{qt} = \left(1 - \frac{\psi \rho}{90^\circ}\right)^2 \quad F_{yt} = \left(1 - \frac{\psi \rho}{\phi_2^\circ}\right)^2 \quad \psi = \tan^{-1} \left(\frac{Pa \cos \alpha}{\Sigma V}\right)$$

$$q_{MAX} = q_{PUNTA} = \frac{\Sigma EV}{B * 1} + \frac{e(\Sigma EV) B/2}{\left(\frac{1}{12}\right) B^3} = \frac{\Sigma EV}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{MIN} = q_{VALON} = \frac{\Sigma EV}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$e = \frac{B}{2} - CE \quad CE = x = \frac{M_{NRO}}{\Sigma EV} = \frac{\Sigma M_k - \Sigma M_o}{\Sigma EV}$$

Caso 1 : CV + CM

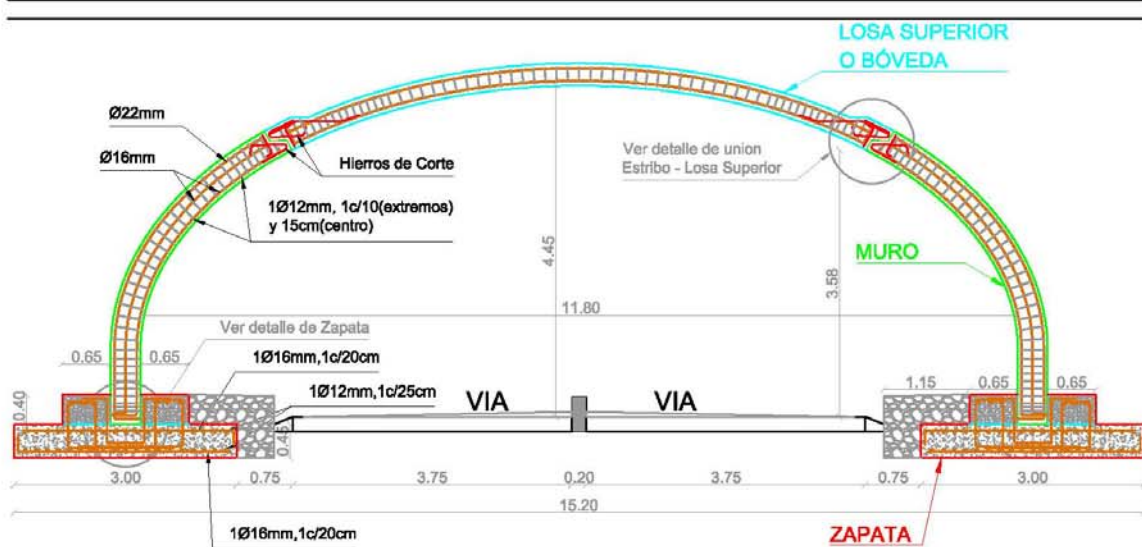
	a > 0.4	a ≤ 0.4
x =	1.314	1.314
e =	0.186	0.186
B/B = 0.5		
q _{max} =	6537.615	6537.683
q _{min} =	2995.052	2994.984
ψ =	18.000	18.000
F _{yt} =	0.010	0.010
F _{ct} = F _{qt} =	0.640	0.640
F _{yd} =	1.000	1.000
B' =	2.628	2.628
F _{qd} =	1.090	1.090
F _{cd} =	1.114	1.114
q =	1425.000	1425.000
N _c =	30.140	30.140
N _q =	18.401	18.401
N _γ =	22.402	22.402
qu =	25000	25000
F _S CAPACIDAD DE CARGA	3.82	3.82

CUMPLE CUMPLE

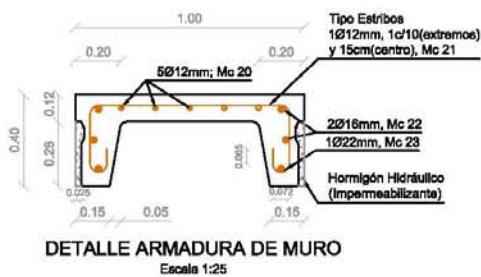


6.7. Planos de diseño del paso deprimido

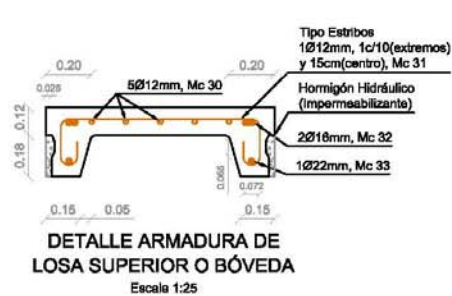
PLANOS DE DISEÑO



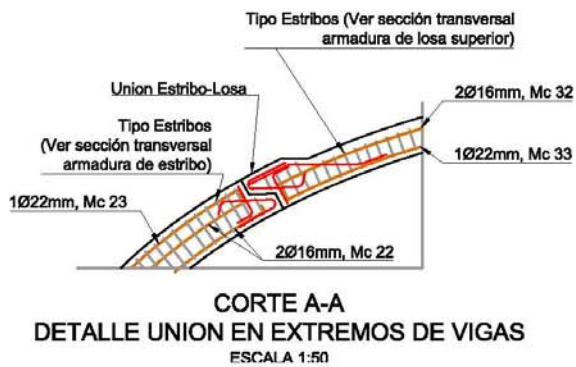
CORTE TRANSVERSAL DE PASO DEPRIMIDO
ESCALA 1:75



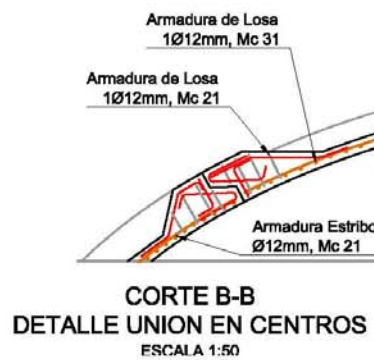
DETALLE ARMADURA DE MURO
Escala 1:25



DETALLE ARMADURA DE LOSA SUPERIOR O BÓVEDA
Escala 1:25



CORTE A-A
DETALLE UNION EN EXTREMOS DE VIGAS
ESCALA 1:50

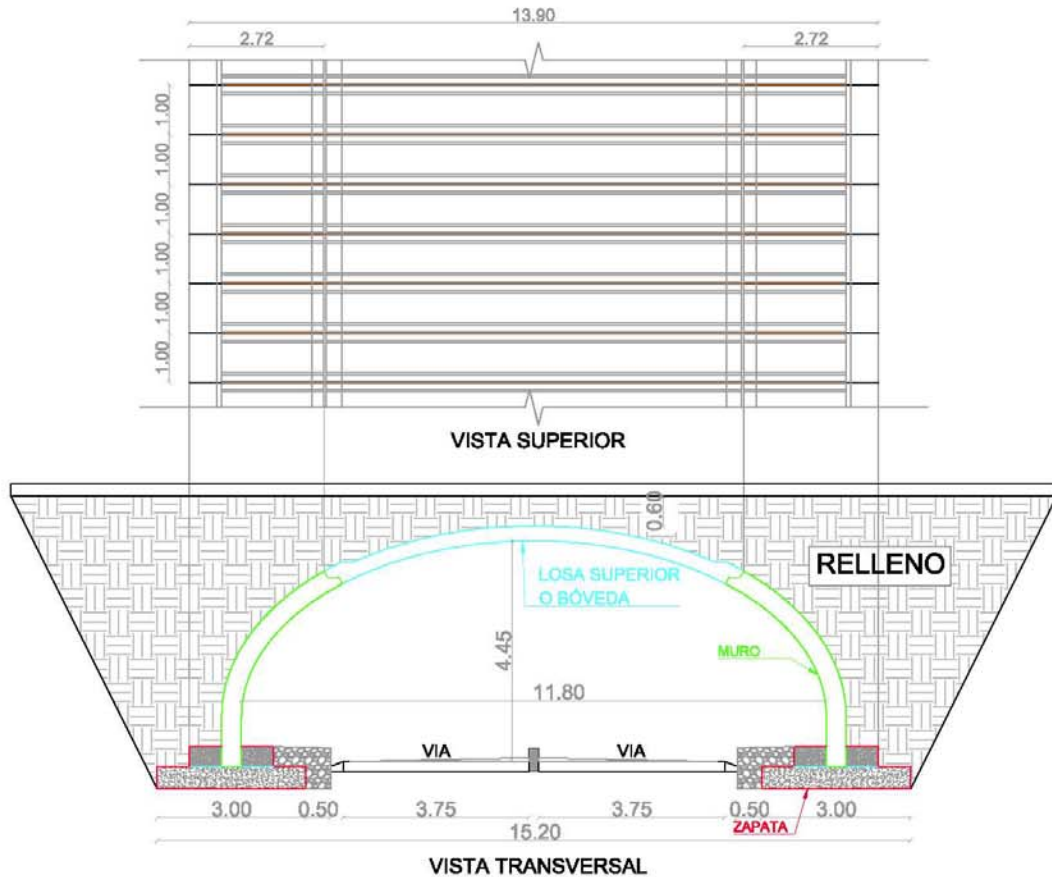
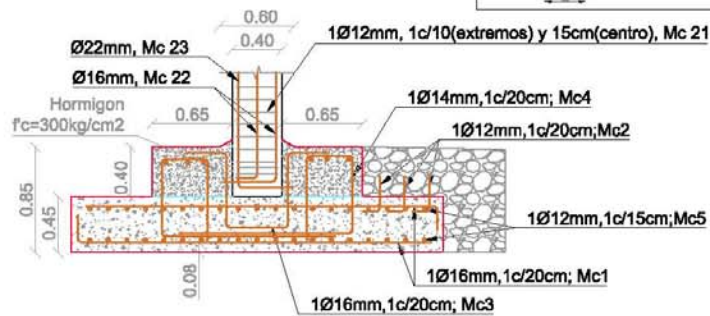
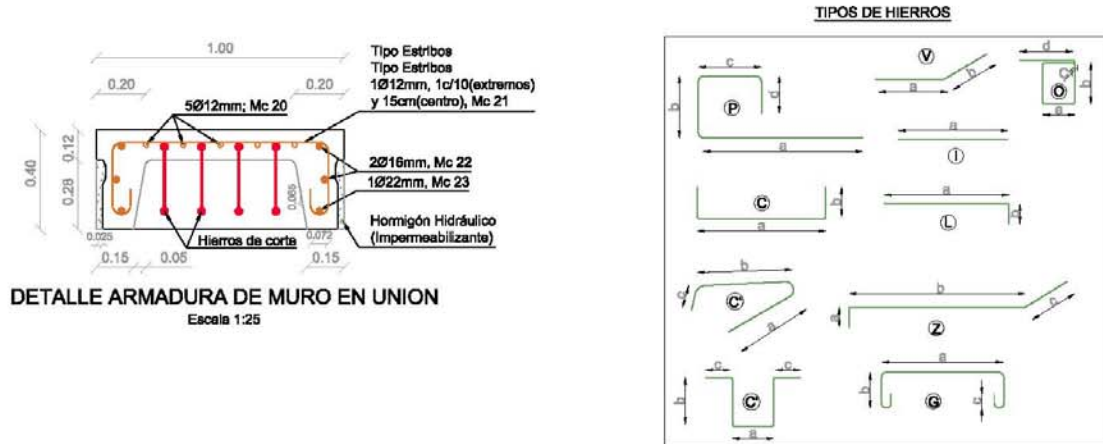


CORTE B-B
DETALLE UNION EN CENTROS
ESCALA 1:50



Universidad de Cuenca

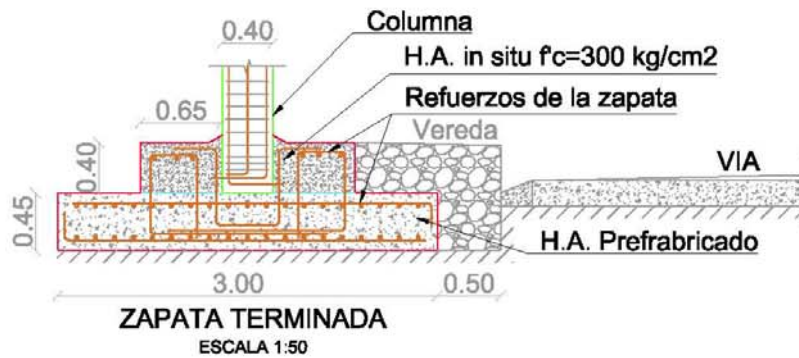
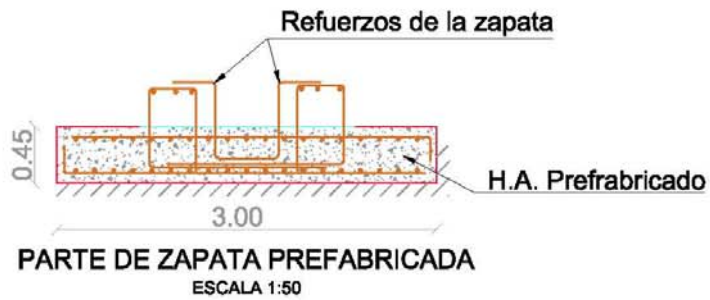
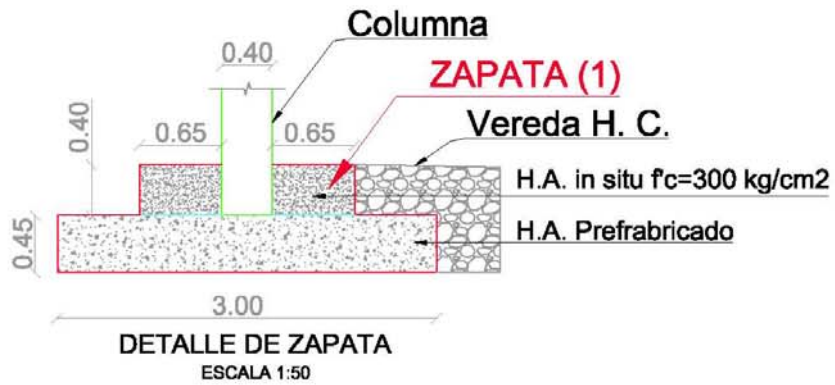
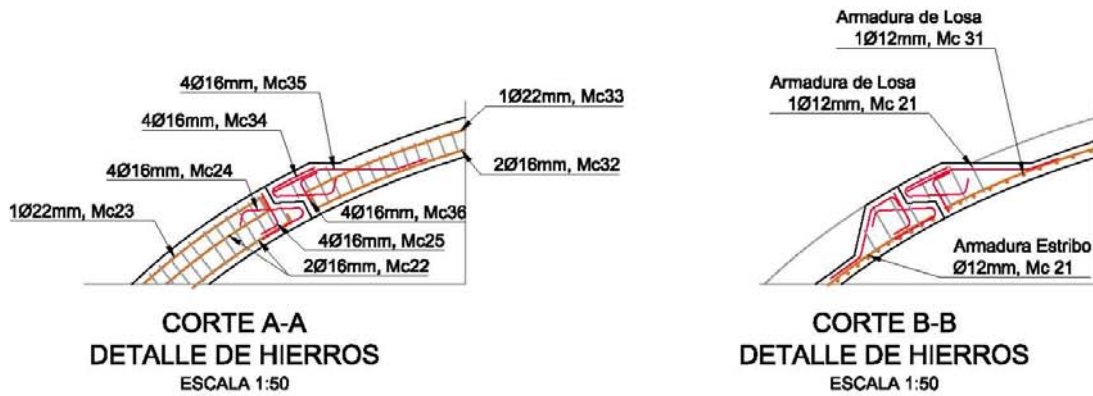
DETALLES Y VISTAS DEL PASO DEPRIMIDO





Universidad de Cuenca

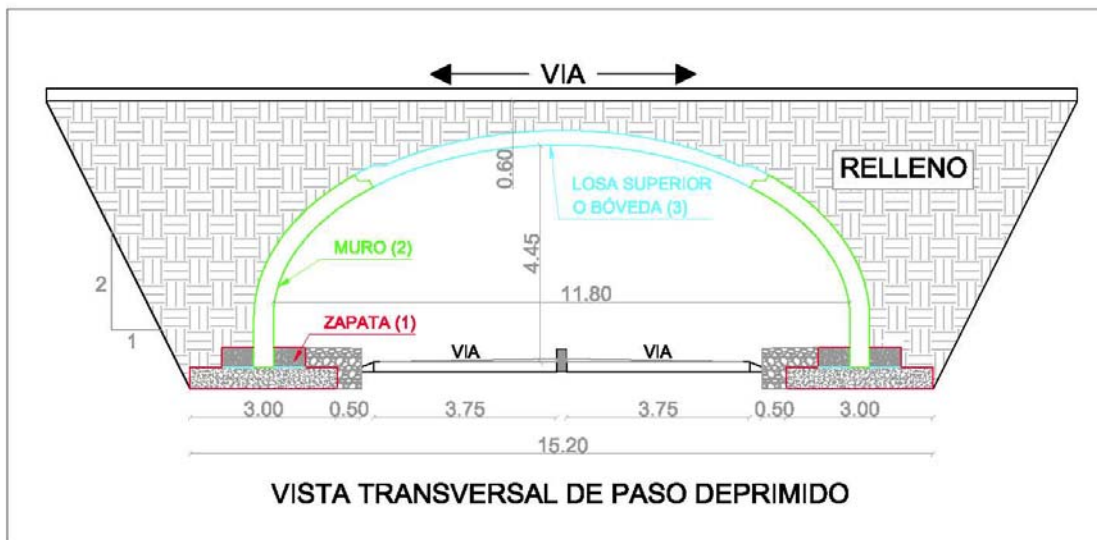
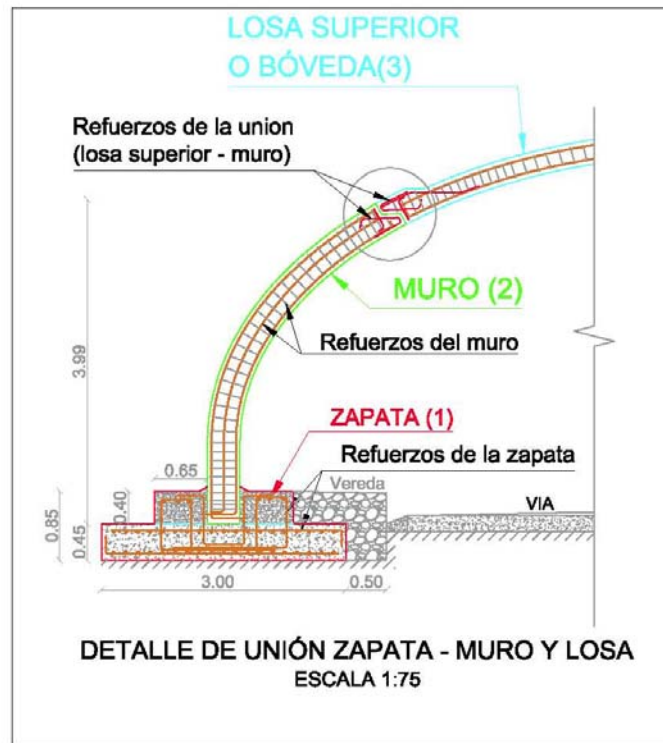
CORTES Y DETALLES DEL PASO DEPRIMIDO





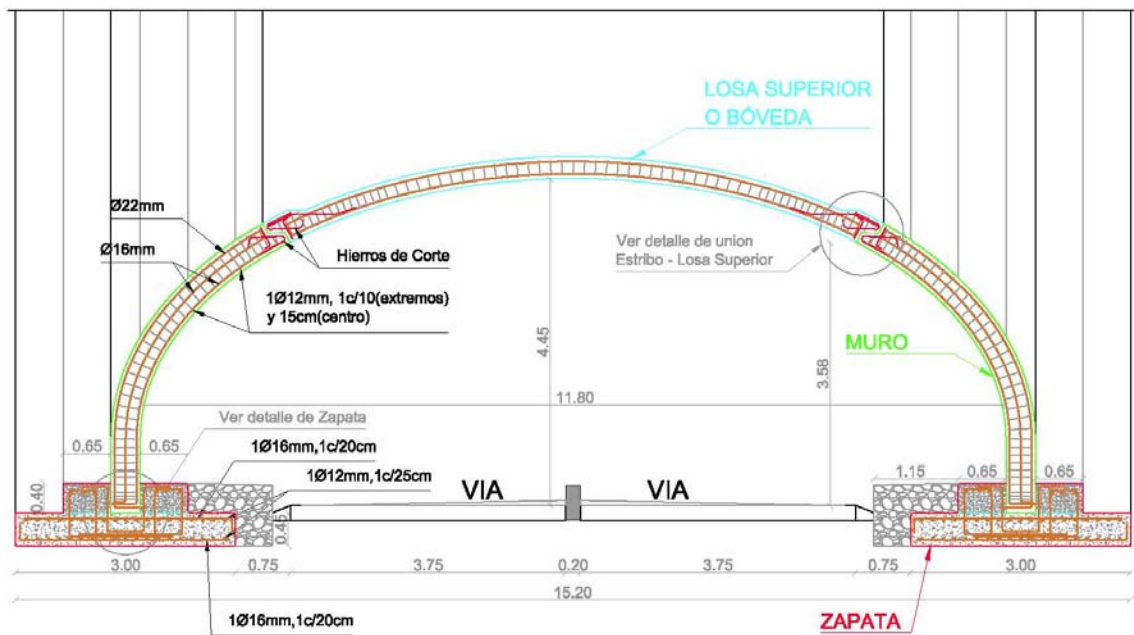
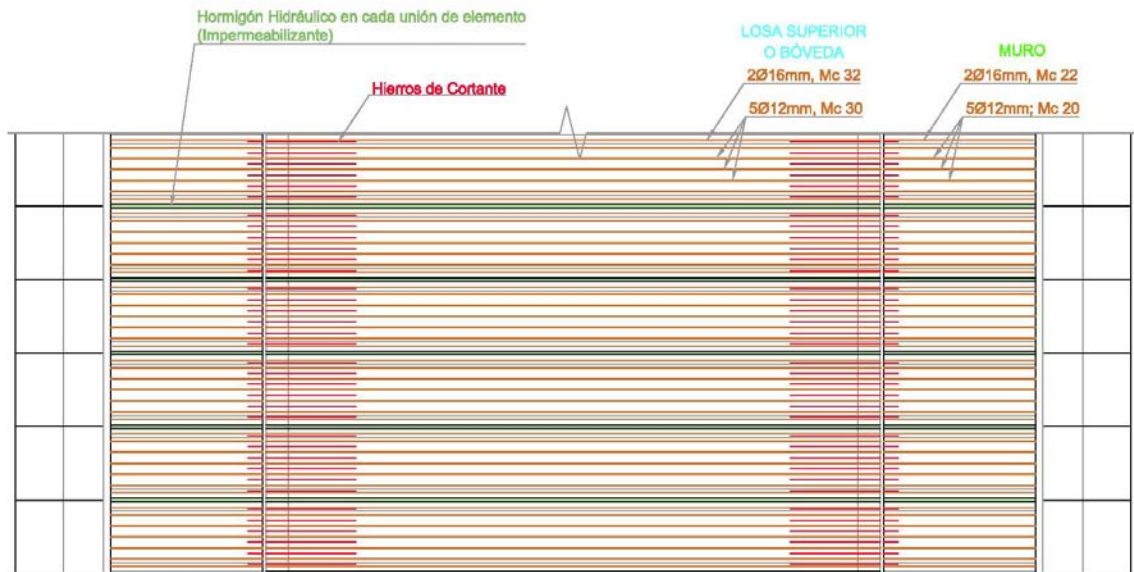
Universidad de Cuenca

DETALLES DEL PASO DEPRIMIDO





CORTES: SUPERIOR Y TRANSVERSAL



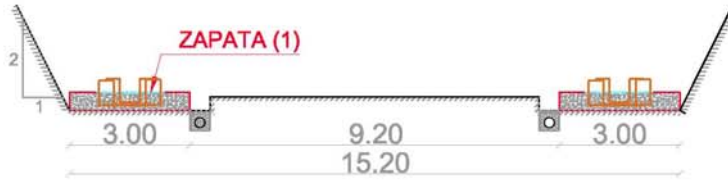
CORTE SUPERIOR Y
CORTE TRANSVERSAL DE PASO DEPRIMIDO
ESCALA 1:75



Universidad de Cuenca



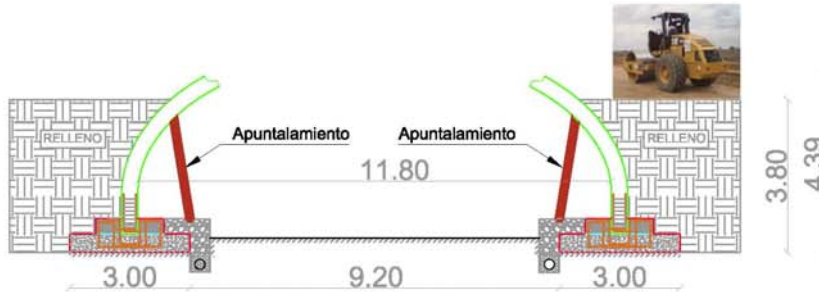
INICIO



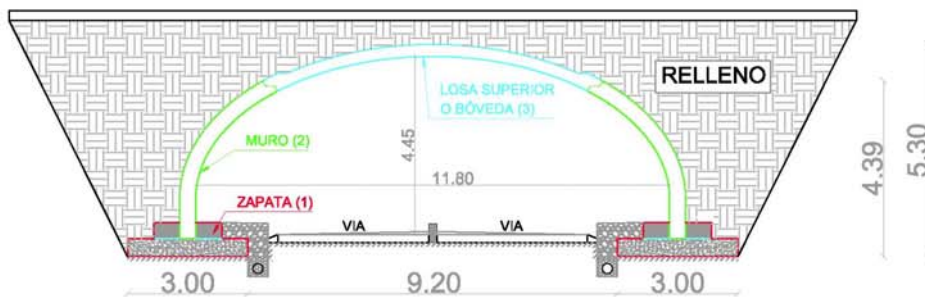
INSTALACIÓN DE ZAPATAS



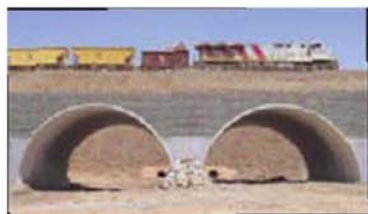
INSTALACIÓN DE MUROS Y Hº IN SITU



COMPACTACIÓN DE RELLENO



TERMINACIÓN



EN FUNCIONAMIENTO



6.8. Soluciones de transporte

Uno de los aspectos más importantes en la prefabricación es resolver el tema del transporte ya que es quién guiaría el costo en gran parte del prefabricado, para poder transportar es necesario un camión tipo y una grúa por el gran peso que tiene cada elemento.

Se tiene a continuación un cuadro de capacidades y costos de tres tipos de grúas y tres tipos de camiones para la solución del transporte más comunes en la ciudad de Cuenca:

Tipo Camión	Grúa				Camión	
	Capacidad Grúa	Long. Brazo	Costo por Hora	Costo por Día	Capacidad Camión	Costo Hora (Incluye carga-descarga)
	(Tn)	(m)	(USD)	(USD)	(Tn)	(USD)
Nissan	1.5	6	25	20	6	25
Ford 9000	3	(8 - 11)	30	25	(9 - 10)	30
Ford 9000	5	8	40	30	-	-
Hino GH	-	-	-	-	13	50

6.8.1. Peso de cada elemento estructural del paso deprimido propuesto

Volumen y peso de H⁰ para Zapatas

Número #	Espesor m	Área m	Volumen m ³	Peso kg	Observaciones
1	1	1.35	1.35	3240	Prefabricado

TOTAL:	1.35	3240
---------------	-------------	-------------

Volumen y peso de H⁰ para Muros

Número #	Long m	Área m	Volumen m ³	Peso kg	Observaciones
1	4.65	0.21	0.98	2343.6	Muro
1	0.7	0.136	0.10	228.5	Union Muro-Losa

TOTAL:	1.07	2572
---------------	-------------	-------------



Volumen y peso de Hº para Losa Superior

Número #	Long m	Área m	Volumen m3	Peso kg	Observaciones
1	8.3	0.18	1.494	3585.6	Losa Superior
1	0.7	0.18	0.13	302.4	Union Losa-Muro

TOTAL:	1.62	3888
---------------	-------------	-------------

	Volumen m3	Peso kg	Observaciones
TOTAL:	4.04	9700	Prefabricados

De acuerdo al cálculo de los pesos de cada elemento procedemos a calcular el número de los mismos que podemos transportar utilizando un camión Hino GH que tiene una capacidad de 300 qq (13 Tn).

Número #	Volumen m3	Peso kg	Elemento
4	5.40	12960	Zapata
0	0.00	0	Muro
0	0.00	0	Losa Superior
TOTAL:	5.40	12960	Zapatas

Número #	Volumen m3	Peso kg	Elemento
0	0.00	0	Zapata
5	5.36	12860	Muro
0	0.00	0	Losa Superior
TOTAL:	5.36	12860	Muros

Número #	Volumen m3	Peso kg	Elemento
0	0.00	0	Zapata
0	0.00	0	Muro
3	4.86	11664	Losa Superior
TOTAL:	4.86	11664	Losas Sup.

Número #	Volumen m3	Peso kg	Elemento
2	2.70	6480	Zapata
1	1.07	2572	Muro



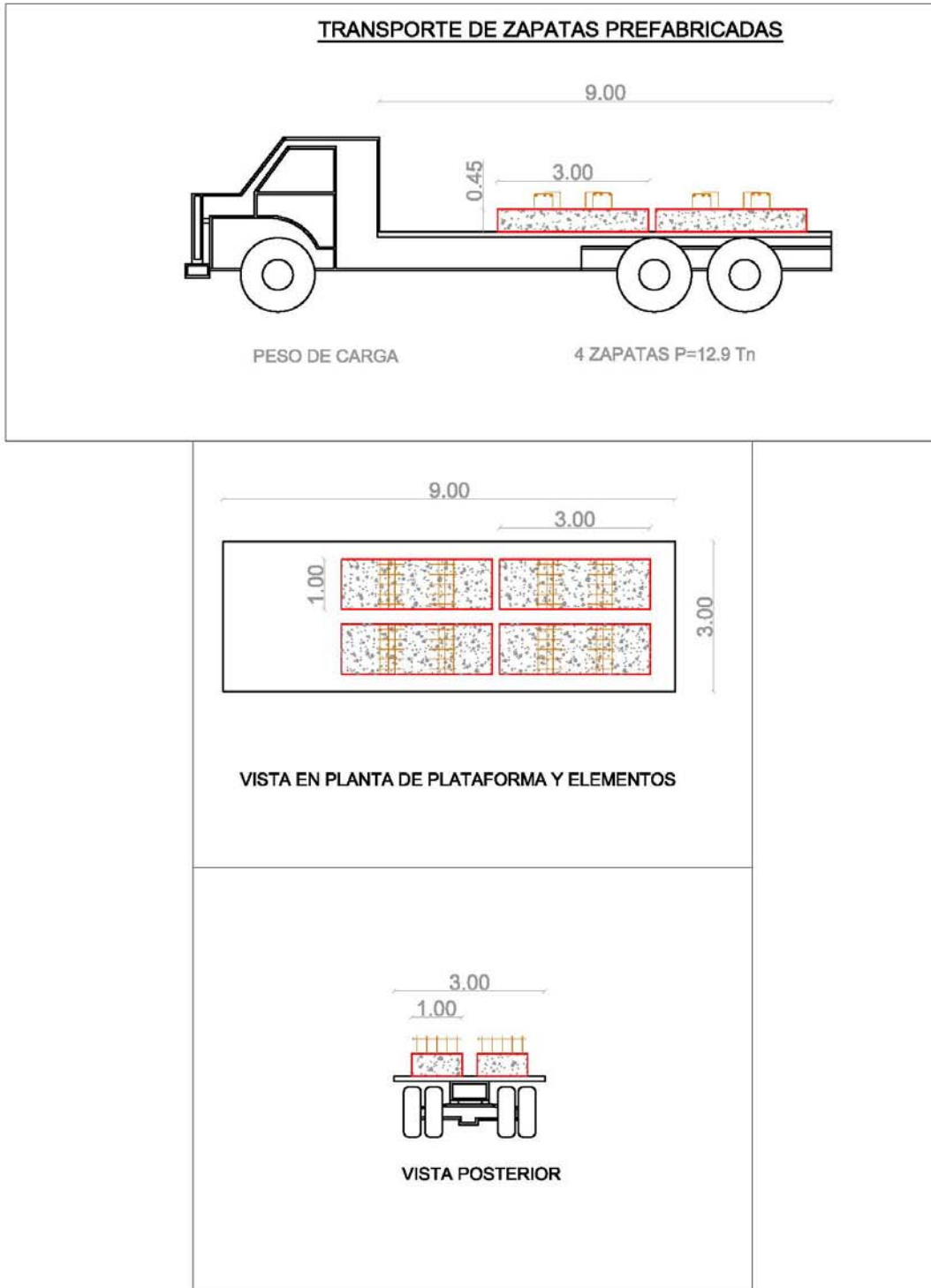
Universidad de Cuenca

1	1.62	3888	Losa Superior
TOTAL:	5.39	12940	Zap-Mur-Losa

Se ha calculado y obtenido una gráfica de cómo se transportarían los elementos de los pasos deprimidos, los cuales se indican a continuación:



6.9. Planos para el transporte





Universidad de Cuenca

**CAPITULO 7:
EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA**



7.1. Paso deprimido vehicular Av. 3 de Noviembre y Américas

PASO DEPRIMIDO VEHICULAR
AV 3 DE NOV. Y AMERICAS (2 VÍA)

Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca
Fecha de Diseño: Abril - 2004

PRESUPUESTO					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
Losa Inferior, Muros y Losa Superior					
1	H. Simple $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	m3	6.46	200.00	1,292.00
2	Acero de Refuerzo ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$)	kg	435.34	2.00	870.68
3	Encofrado Recto	m2	22.97	10.00	229.70
4	Pretensado	m3	1.54	1,200.00	1,848.00
Subtotal Losa Inferior, Muros y Losa Superior					4,240.38
SUBTOTAL					4,240.38
IVA					12%
TOTAL					4,749.23

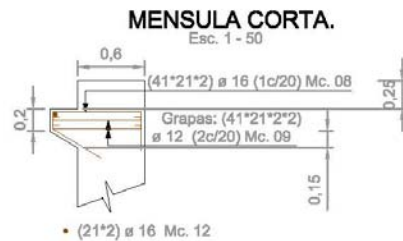
Son: Cuatro Mil Setecientos Cuarenta y Nueve con 23/100 Dólares Americanos



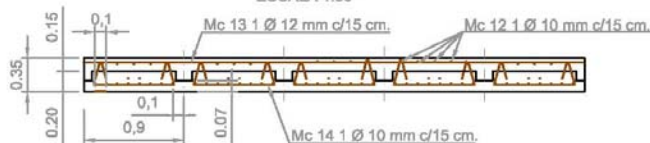
AV.3 DE NOVIEMBRE Y AV.DE LAS AMERICAS MUROS Y LOSAS												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
1	10	Z	12	0.25	4.2	0.45				4.90	49.00	
2	6	L	16	2.7	4.25					6.95	41.70	
3	6	L	14	1.6	1.7					3.30	19.80	
4-9	146	I	10	1						1.00	146.00	
5	10	L	10	0.45	0.75					1.20	12.00	
7	10	b	10	0.14	0.5	0.3	0.15	0.45	0.4	1.94	19.40	
8	10	G	10	0.35	0.3	0.5				1.15	11.50	
10	3	I	12	5						5.00	15.00	
11	3	C	14	2.6	0.3					3.20	9.60	
12	15	C	12	4.5	0.15					4.80	72.00	
13	32	I	12	1						1.00	32.00	
14	32	w	10	0.72	0.21	0.16				1.46	46.72	



RESUMEN DE PLANILLA CONTROL SUR				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
12	180.00	0.89	198.00	175.79
16	80.50	1.58	88.55	139.76
20	328.00	2.47	360.80	889.79
25	135.10	3.85	148.61	572.65
TOTAL PESO (kg)				1777.98
Volumen de Hormigón ($f'c=240 \text{ kg/cm}^2$)				17.49



DETALLE DEL TABLERO CON LOSAS PRETENSADAS
LUZ 4.77 m
SECCION LONGITUDINAL TIPO
ESCALA 1:50





7.2. Paso deprimido vehicular Av. 12 de Abril y Américas

PASO DEPRIMIDO VEHICULAR
 AV 12 DE ABRIL Y AMERICAS (2 VÍA)
 Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca
 Fecha de Diseño: Abril - 2004

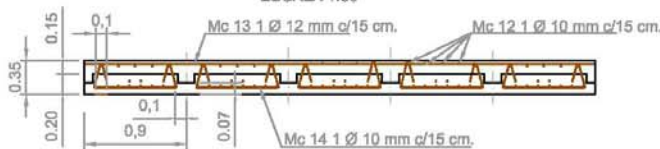
PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
Losa Inferior, Muros y Losa Superior					
1	H. Simple f'c = 280 kg/cm2	m3	7.36	200.00	1,472.00
2	Acero de Refuerzo (fy=4200 kg/cm2)	kg	403.02	2.00	806.03
3	Encofrado Recto	m2	23.72	10.00	237.20
4	Pretensado	m3	1.56	1,200.00	1,872.00
Subtotal Losa Inferior, Muros y Losa Superior					4,387.23
SUBTOTAL					4,387.23
IVA				12%	526.47
TOTAL					4,913.70

Son: Cuatro Mil Novecientos Trece con 70/100 Dólares Americanos



AV. 12 DE ABRIL Y AV. DE LAS AMERICAS MUROS Y LOSAS												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
1	10	Z	12	0.25	3.7	0.45				4.40	44.00	
2	6	L	14	3	3.6					6.60	39.60	
3	3	w	14	1.38	1.55	2.2	0.4			8.86	26.58	
4-6-9-11	110	I	10	1						1.00	110.00	
5	10	L	10	0.45	0.75					1.20	12.00	
7	10	b	10	0.14	0.46	0.3	0.15	0.45	0.35	1.40	14.00	
8	10	G	10	0.3	0.3	0.5				1.10	11.00	
10	3	I	12	5						5.00	15.00	
12	15	C	12	5.5	0.15					5.80	87.00	
13	37	I	12	1						1.00	37.00	
14	37	w	10	0.72	0.21	0.16				1.46	54.02	

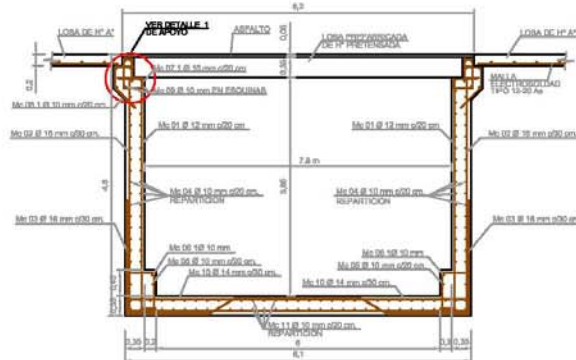
DETALLE DEL TABLERO CON LOSAS PRETENSADAS
 LUZ 5.77 m
 SECCION LONGITUDINAL TIPO
 ESCALA 1:50



RESUMEN DE PLANILLA AV. 12 DE ABRIL Y AV. DE LAS AMERICAS				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
10	201.02	0.62	221.12	136.33
12	183.00	0.89	201.30	178.72
14	66.18	1.21	72.80	87.97
TOTAL PESO (kg)				403.02
Volumen de Hormigón (f'c=280 kg/cm2)				7.36

PASO DEPRIMIDO AV. 12 DE ABRIL Y AV. DE LAS AMERICAS
 ESCALA 1:100

DETALLE 1
 ESCALA 1:50





7.3. Paso deprimido vehicular Milchichig

PASO DEPRIMIDO VEHICULAR MILCHICHIG (1 VÍA)

Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca
 Fecha de Diseño: Abril - 2004

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
Losa Inferior, Muros y Losa Superior					
1	H. Simple $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	m ³	6.07	200.00	1,214.00
2	Acero de Refuerzo ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$)	kg	378.53	2.00	757.06
3	Encofrado Recto	m ²	22.03	10.00	220.30
Subtotal Losa Inferior, Muros y Losa Superior					2,191.36
SUBTOTAL					2,191.36
IVA					12%
					262.96
TOTAL					2,454.32

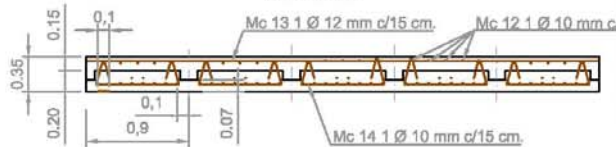


Son: Dos Mil Cuatrocientos Cincuenta y Cuatro con 32/100 Dólares Americanos

PASO MILCHICHIG												
MUROS Y LOSAS												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
1	10	Z	12	0.25	3.7	0.45				4.40	44.00	
2	6	L	14	3	3.6					6.60	39.60	
3	3	w	14	1.38	1.55	2.2	0.4			8.86	26.58	
4-6-9-11	110	I	10	1						1.00	110.00	
5	10	L	10	0.45	0.75					1.20	12.00	
7	10	b	10	0.14	0.46	0.3	0.15	0.45	0.35	1.40	14.00	
8	10	G	10	0.3	0.3	0.5				1.10	11.00	
10	3	I	12	5						5.00	15.00	
12	15	C	12	4.5	0.15					4.80	72.00	
13	32	I	12	1						1.00	32.00	
14	32	w	10	0.72	0.21	0.16				1.46	46.72	

DETALLE DEL TABLERO CON LOSAS PRETENSADAS

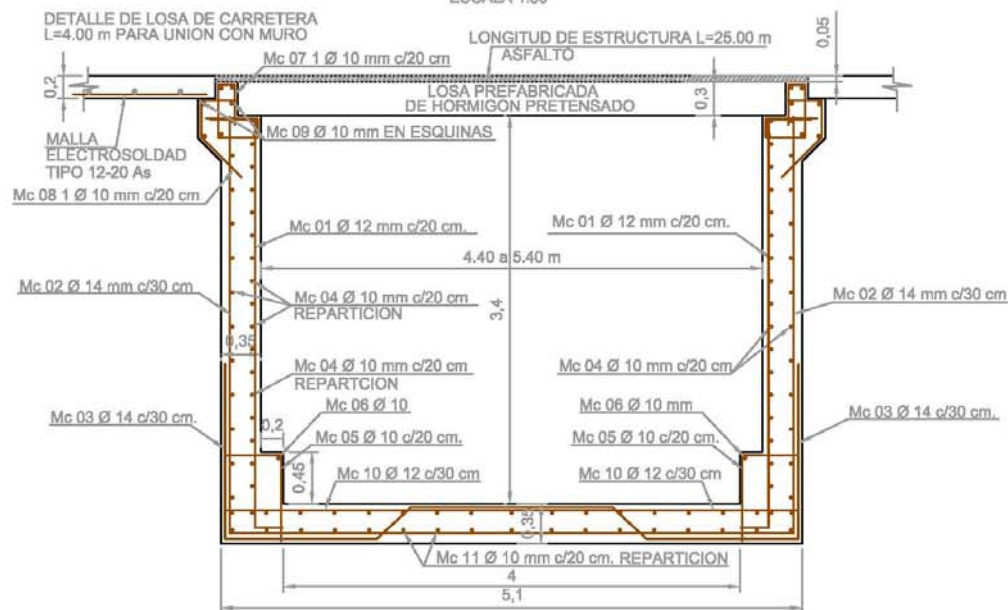
LUZ 4.77 a 5.77 m
 SECCION LONGITUDINAL TIPO
 ESCALA 1:50



RESUMEN DE PLANILLA PASO MILCHICHIG				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
10	193.72	0.62	213.09	131.38
12	163.00	0.89	179.30	159.19
14	66.18	1.21	72.80	87.97
TOTAL PESO (kg)				378.53
Volumen de Hormigón ($f_c=280 \text{ kg/cm}^2$)				6.07

PASO DEPRIMIDO - PASEO MILCHICHIG

ESCALA 1:50





7.4. Paso deprimido vehicular Control Sur

PASO DEPRIMIDO VEHICULAR CONTROL SUR (2 VÍAS)

Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca
 Fecha de Diseño: Agosto - 2006

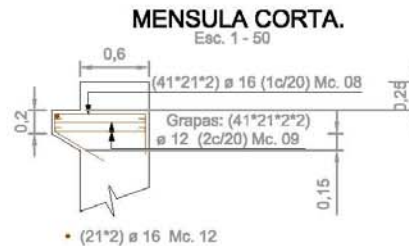
PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
Losa Inferior, Muros y Losa Superior					
1	H. Simple $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	m3	17.49	200.00	3,497.90
2	Acero de Refuerzo ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$)	kg	1,777.98	2.00	3,555.97
3	Encofrado Recto	m2	41.16	10.00	411.60
Subtotal Losa Inferior, Muros y Losa Superior					7,465.47
SUBTOTAL					7,465.47
IVA					12%
					895.86
TOTAL					8,361.33



Son: Ocho Mil Treientos Sesenta y Uno con 33/100 Dólares Americanos

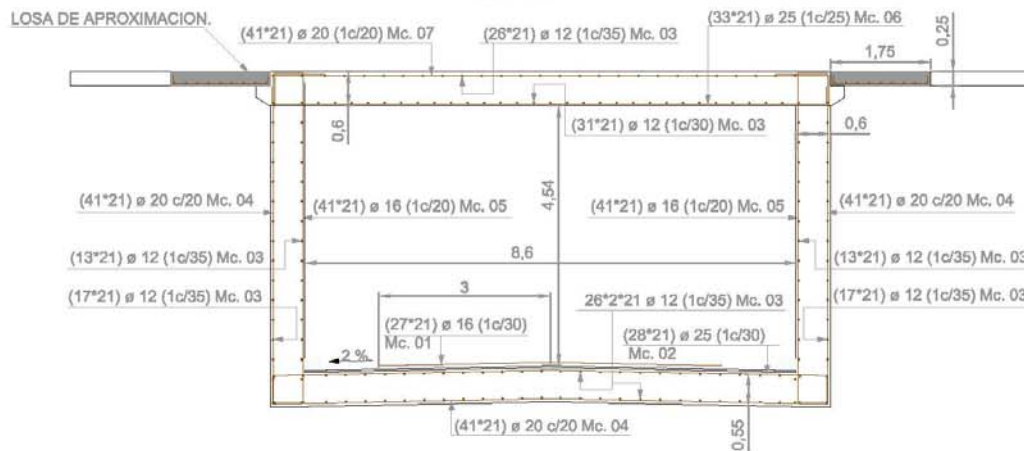
CONTROL SUR												
MUROS Y LOSAS												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
1	3	I	16	6						6.00	18.00	
2	3	C	25	9.7	0.5					10.70	32.10	
3	180	I	12	1						1.00	180.00	
4	10	C'	20	9.7	5.75	0.9				22.10	221.00	
5	10	L	16	5.75	0.5					6.25	62.50	
6	4	C	25	9.7	0.3					10.30	103.00	
7	5	C	20	9.7	0.5					10.70	107.00	

RESUMEN DE PLANILLA CONTROL SUR				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
12	180.00	0.89	198.00	175.79
16	80.50	1.58	88.55	139.76
20	328.00	2.47	360.80	889.79
25	135.10	3.85	148.61	572.65
TOTAL PESO (kg)				1777.98
Volumen de Hormigón ($f'c=240 \text{ kg/cm}^2$)				17.49



PROYECTO DEFINITIVO: INTERSECCIÓN
 Av. AMÉRICAS; Av. LOJA; VÍA BAÑOS;
 CIRCUNVALACIÓN SUR.

Esc. 1 - 100

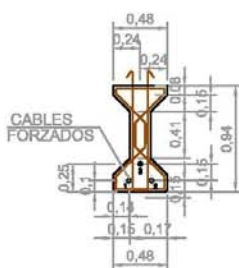
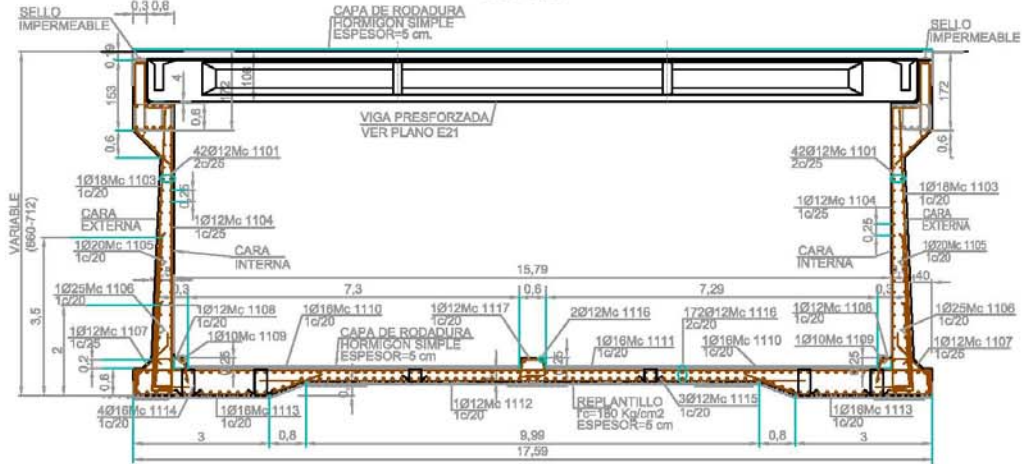




7.5. Intercambiador Av. Las Américas y Gran Colombia

PASO DEPRIMIDO AV. DE LAS AMERICAS Y GRAN COLOMBIA

ESCALA 1:125



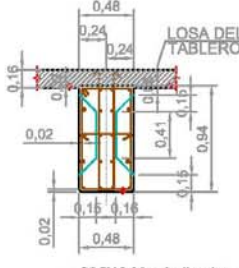
SECCION CENTRAL
ESCALA 1:50



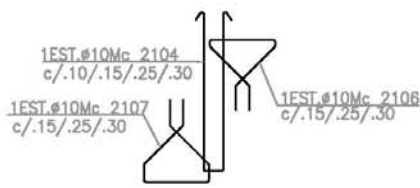
CORTE B-B
ESCALA 1:50



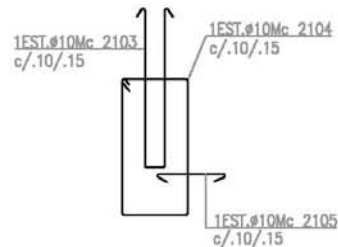
SECCION EXTREMA
ESCALA 1:50



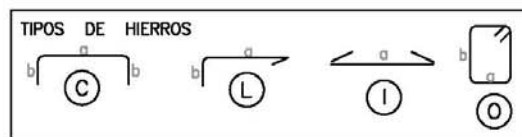
CORTE A-A
ESCALA 1:50



DESPIECE EN TRAMO
ESC. —1:150



DESPIECE EXTREMOS
ESC. —1:150





Universidad de Cuenca

PASO DEPRIMIDO VEHICULAR
AV. DE LAS AMERICAS Y GRAN COLOMBIA (2 VÍAS, 4 CARRILES)
 Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca
 Fecha de Diseño Dic - 2007

PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
Losa Inferior, Muros y Viga de Losa Superior					
1	H. Simple Fc = 280 kg/cm ²	m ³	35.80	200.00	7,159.25
2	Acero de Refuerzo (fy=4200 kg/cm ²)	kg	1,739.43	2.00	3,478.86
3	Encofrado Recto	m ²	79.31	10.00	793.11
4	Acero para precompresión, fpu = 17000 Kg/cm ²	kg	122.04	5.81	709.22
Subtotal Losa Inferior, Muros y Viga de Losa Superior					12,140.44
SUBTOTAL					12,140.44
				IVA	12%
TOTAL					13,597.29

Son: Trece Mil Quinientos Noventa y Siete con 29/100 Dólares Americanos

PARA 2 CARRILES SERA APROXIMADAMENTE EL 50% (2 VÍAS, 2 CARRILES)

Subtotal Losa Inferior, Muros y Viga de Losa Superior	6,070.22
SUBTOTAL	6,070.22
IVA	12%
TOTAL	6,798.65

Son: Seis Mil Setecientos Noventa y Ocho con 65/100 Dólares Americanos

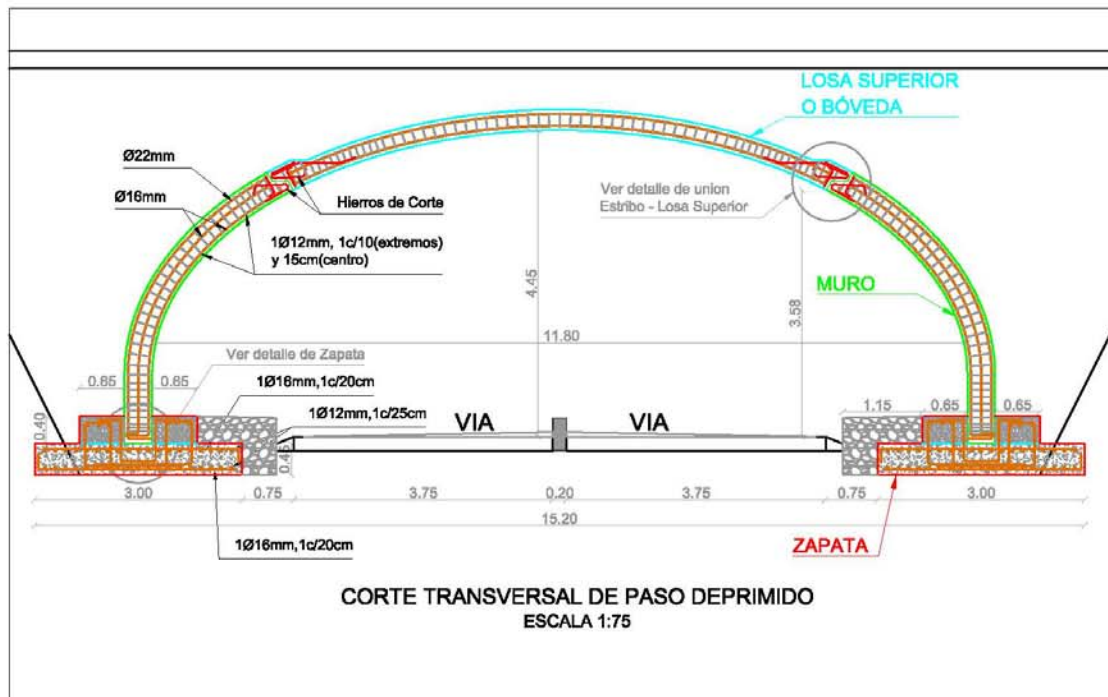
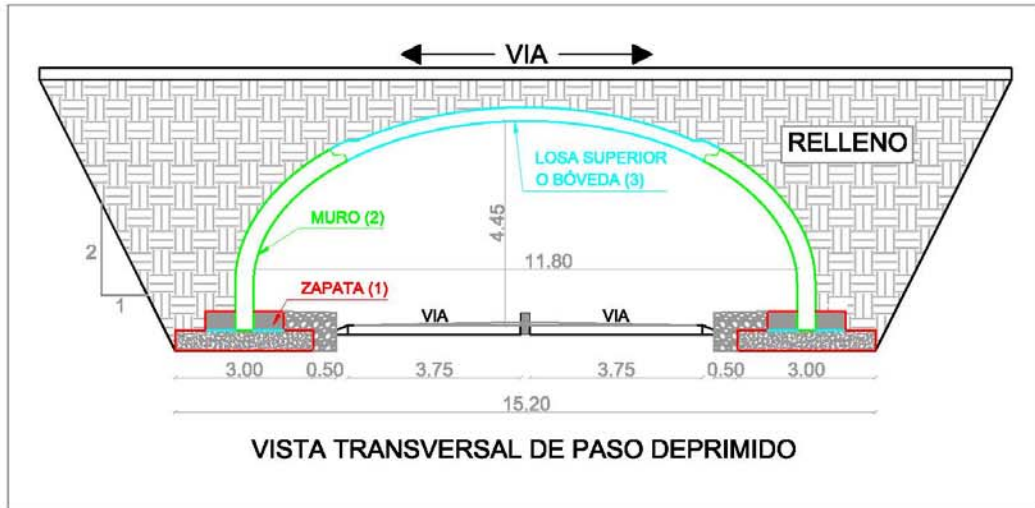
AV.DE LAS AMERICAS Y GRAN COLOMBIA												
MUROS Y LOSAS												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
1101	84	I	12	1						1.00	84.00	
1103	10	L	18	6.17	0.5					6.67	66.70	
1104	8	L	12	6.16	0.5					6.66	53.28	
1105	10	L	20	3.29	0.5					3.79	37.90	
1106	10	L	25	1.75	0.5					2.25	22.50	
1107	8	Z	12	0.9	0.25	0.25				1.40	11.20	
1108	10	L'	12	0.65	0.55					1.20	12.00	
1109	2	I	10	1						1.00	2.00	
1110	10	L	16	4.5	0.5					5.00	50.00	
1111	5	I	16	9.58						9.58	47.90	
1112	5	I	12	12						12.00	60.00	
1113	10	Z	16	0.45	2.9	1.25				4.60	46.00	
1114	80	U	16	0.3	0.5					1.60	128.00	
1115	30	U	12	0.3	0.25					1.10	33.00	
1116	172	I	12	1						1.00	172.00	
1117	5	O	12	0.39	0.35	0.4				2.28	11.40	
2104	170	O	10	0.43	0.89	0.1				2.84	482.80	Estribos
2106	170	N	10	0.43	0.05	0.36	0.1			1.45	246.50	Estribos

RESUMEN DE PLANILLA AV.DE LAS AMERICAS Y GRAN COLOMBIA				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
10	731.30	0.62	804.43	495.96
12	436.88	0.89	480.57	426.66
14	0.00	1.21	0.00	0.00
16	271.90	1.58	299.09	472.06
18	66.70	2.00	73.37	146.56
20	37.90	2.47	41.69	102.81
25	22.50	3.85	24.75	95.37
TOTAL PESO (kg)				1739.43
Volumen de Hormigón (F'c=280 kg/cm²)				35.80



7.6. Paso deprimido vehicular propuesto

PROPUESTA DE PASO DEPRIMIDO TUBULAR REALIZADO CON ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO PREFABRICADO





PLANILLA DE PASO 1 VÍA DE Long. = 1 m

ZAPATAS												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
1	20	L	16	2.8	0.2					3.00	60.00	Base
2	60	L	12	0.3	0.1					0.40	24.00	Para vereda
3	10	C	16	0.5	0.35					1.20	12.00	
4	20	P	14	1.3	0.5	0.4	0.35			2.55	51.00	
5	20	L	14	0.5	0.2					0.70	14.00	
6	72	I	12	1						1.00	20.00	Transversal

RESUMEN DE PLANILLA DE ZAPATAS				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
12	91.20	0.89	100.32	89.07
14	60.00	1.21	66.00	79.76
16	83.00	1.58	91.30	144.10
TOTAL PESO (kg)				312.92
Volumen de Hormigón Prefabricado (f'c=280 kg/cm2)				2.70
Volumen de Hormigón In situ (f'c=300 kg/cm2)				1.04

MUROS												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
20	10	C	12	4.5	0.15					4.80	48.00	
21	72	G	12	0.9	0.25	0.1				1.60	115.20	Tipo Estribos
22	8	C	16	4.5	0.15					4.80	38.40	
23	4	C	22	4.5	0.15					4.80	19.20	
24	10	C'	16	0.4	0.45	0.15				1.00	10.00	Para Cortante
25	10	L	16	0.3	0.15					0.45	4.50	Para Cortante

RESUMEN DE PLANILLA MUROS				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
12	163.20	0.89	179.52	159.38
16	50.00	1.58	55.00	86.81
22	19.20	2.98	21.12	63.02
TOTAL PESO (kg)				309.21
Volumen de Hormigón (f'c=280 kg/cm2)				2.07

LOSA SUPERIOR												
Marca (Mc)	Cantidad	Tipo	Diámetro (mm)	Dimensiones (m)						Longitud (m)	Long. Total (m)	Observaciones
				a	b	c	d	e	f			
30	5	C	12	4.2	0.15					4.50	22.50	
31	34	G	12	0.9	0.3	0.2				1.40	47.60	
32	4	C	16	4.2	0.15					4.50	18.00	
33	2	C	22	4.2	0.15					4.50	9.00	
34	10	C'	16	0.4	0.45	0.15				1.00	10.00	Para Cortante
35	10	Z	16	0.4	0.6	0.3				1.30	13.00	Para Cortante
36	10	L	16	0.3	0.15					0.45	4.50	Para Cortante

RESUMEN DE PLANILLA LOSA SUPERIOR				
Diámetro (mm)	Cantidad (m)	Peso/m (kg/m)	10% adicional desperdicio	Peso total (kg)
12	135.15	0.89	148.67	131.99
16	56.20	1.58	61.82	97.57
22	17.10	2.98	18.81	56.13
TOTAL PESO (kg)				285.69
Volumen de Hormigón (f'c=280 kg/cm2)				1.55

SUMA TOTAL PESO (kg)				907.82
Volumen de Hormigón Prefabricado (f'c=280 kg/cm2)				6.32
Volumen de Hormigón In situ (f'c=300 kg/cm2)				1.04



Universidad de Cuenca

Volumen de Hº para Zapatas

Número #	Espesor m	Área m	Volumen m3	Peso kg	Observaciones
1	1	1.35	1.35	3240	Prefabricado

TOTAL:	1.35	3240
---------------	-------------	-------------

Número #	Espesor m	Área m	Volumen m3	Peso kg	Observaciones
1	1	0.52	0.52	1248	In situ

TOTAL:	0.52	1248
---------------	-------------	-------------

Volumen de Hº para Muros

Número #	Long m	Área m	Volumen m3	Peso kg	Observaciones
1	4.65	0.20	0.94	2254.32	Muro
1	0.7	0.14	0.10	228.5	Union Muro-Losa

TOTAL:	1.03	2483
---------------	-------------	-------------

Volumen de Hº para Losa Superior

Número #	Long m	Área m	Volumen m3	Peso kg	Observaciones
1	8.3	0.17	1.4276	3426.24	Losa Superior
1	0.7	0.18	0.13	302.4	Union Losa-Muro

TOTAL:	1.55	3729
---------------	-------------	-------------

	Volumen m3	Peso kg	Observaciones
TOTAL:	3.94	9451	Prefabricados



ENCOFRADO DE ESTRUCTURTA PROPUESTA

Encofrado Zapatas

Número #	Long m	Alto m	Area m2
4	3	0.45	5.4
4	1	0.45	1.8
4	1.7	0.4	2.72
4	1	0.4	1.6
			11.52

Encofrado Muros

4	1	1.86	7.44
2	4.65	1	9.3
			16.74

Encofrado Losa Superior

2	1	2.58	5.16
1	8.3	1	8.3
			13.46

Encofrado Curvo	28.26
Encofrado Recto	13.46



Universidad de Cuenca

PASO DEPRIMIDO VEHICULAR

(2 VÍAS)

Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca
Fecha de Diseño _____

PRESUPUESTO					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
Losa Inferior, Muros y Losa Superior					
1	H. Simple f'c = 280 kg/cm ²	m ³	6.32	200.00	1,264.00
2	H. Simple f'c = 300 kg/cm ²	m ³	1.04	220.00	228.80
3	Acero de Refuerzo (fy=4200 kg/cm ²)	kg	907.82	2.00	1,815.64
4	Encofrado Recto	m ²	13.46	10.00	134.60
4	Encofrado Curvo	m ²	28.26	20.00	565.20
Subtotal Losa Inferior, Muros y Losa Superior					4,008.24
SUBTOTAL					4,008.24
IVA				12%	480.99
TOTAL					4,489.23

Son: Cuatro Mil Cuatrocientos Ochenta y Nueve con 23/100 Dólares Americanos



Universidad de Cuenca

7.7. Resumen de costos de evaluación Técnica Económica

RESUMEN DE COSTOS DE EVALUACION TECNICA ECONOMICA

Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca

(2 VÍAS, 2 CARRILES)

PRESUPUESTO		
Item	Descripcion	Subtotal (Sin IVA)
1	3 de Noviembre y Av. Américas	4,240.38
2	Av. 12 de Abril y Américas	4,387.23
3	Control Sur	7,465.47
4	Américas y Gran Colombia	$12140.44 / 2 = 6070.22$
5	Propuesto de Paso Deprimido	4,008.24

(1 VÍA)

1	Milchichig (Sin losa pretensada)	2,191.36
---	----------------------------------	----------

Conclusión

La propuesta de paso deprimido tiene menor costo debido a:
Menor dimensión de las secciones de los elementos



Universidad de Cuenca

CAPITULO 8: CONCLUSIONES



CONCLUSIONES:

Se ha levantado información de once pasos deprimidos en la Ciudad de Cuenca (Capítulo 2), verificando que únicamente se construye de sección recta. Se utilizan una mínima cantidad de elementos prefabricados (losas y vigas), clasificándolos como sigue:

Construcción total in situ (Chola Cuencana, Control Sur, El Vergel, Todos Santos, Peatonal Feria Libre), construcción de muros in situ con losas prefabricadas (3 de Noviembre, 12 de Abril, Milchichig, Av. Méndez en Mall del Río, El Paraiso) y construcción de muros in situ con vigas prefabricadas – presforzadas (Intercambiador Ordóñez Lasso).

En otros países se utilizan pasos deprimidos de secciones rectas y curvas. Generalmente con elementos prefabricados.

La principal ventaja de la utilización de elementos prefabricados para la construcción de los pasos deprimidos es la reducción de plazos de construcción. Para la cual se necesita mano de obra especializada para los procesos de la prefabricación, transporte y montaje.

La forma tubular del paso deprimido genera que los esfuerzos principales sean de compresión, lo cual permite la optimización de los elementos de hormigón.

La estructura puede ser construida únicamente con tres tipologías de elementos, que por sus dimensiones es posible: fabricarlos, transportarlos e instalarlos en obra.

De las tres modelaciones realizadas se considera que la tercera (donde se introdujo las cargas tanto horizontales como verticales en los elementos tipo Shell, capítulo 5) es la que más se acerca a los resultados esperados, adoptándose este modelo para la representación del problema.

La optimización de los elementos prefabricados permite bajar costos por reducción de volúmenes de material y de peso; ya que estos elementos deben ser transportados e instalados en la obra.



Universidad de Cuenca

Se ha diseñado los elementos que forman la estructura como son: zapata, muro y bóveda. Para el caso de las zapatas lo más crítico es la cortante que provoca el muro, lo cual diseñando nos resultó un peralte de 45 cm. La unión de la zapata con el muro es otro punto crítico y nos llevó a aumentarle la zapata 40 cm más alrededor del muro con hormigón in situ (gráfico 4.6.2 y detalle de zapatas en planos de diseño). Se diseñó la unión entre el muro y la bóveda el cual es otro punto crítico.

Para solucionar el transporte se investigó los tipos de camiones que realizan estos trabajos y existen en la ciudad de Cuenca, calculando el peso de cada elemento prefabricado y se propuso alternativas de transporte en un camión de capacidad para 13 Tn, dando un costo por hora de 50 USD. (Ver 6.8. Soluciones de transporte).

La Evaluación Técnica Económica se lo realizó para 6 pasos deprimidos, teniendo los siguientes resultados en 2 vías:

Los rubros que se analizaron fueron hormigón, acero de refuerzo y encofrado

RESUMEN DE COSTOS DE EVALUACION TECNICA ECONOMICA

Ubicación: Provincia Azuay - Cantón Cuenca
(2 VÍAS – 2 CARRILES)

PRESUPUESTO		
Item	Descripción	Subtotal (Sin IVA)
1	3 de Noviembre y Av. Américas	4,240.38
2	Av. 12 de Abril y Américas	4,387.23
3	Control Sur	7,465.47
4	Américas y Gran Colombia	6,070.22
5	Propuesto de Paso Deprimido	4,008.24

Se concluye que el costo del paso deprimido propuesto, pese a tener veredas peatonales amplias, tiene menor costo que las demás.



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca

ANEXO 1:
ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA ELEMENTOS PREFABRICADOS
EN GENERAL



A.1.1. Descripción

Se consideran como elementos prefabricados de hormigón, los que constituyen productos estándar ejecutados en instalaciones industriales fijas y que, por tanto, no son realizados en obra.

El tamaño y peso de los elementos ha aumentado también en la medida en que se dispone de equipos de transporte y manipulación de mayor capacidad, tanto en las plantas de producción como en las obras.

Conviene por lo tanto, describir algunas características y condiciones de la prefabricación, su planificación y utilización para su mayor aprovechamiento.

A.1.2. Requisitos generales

Las tensiones desarrolladas en los elementos prefabricados, durante el período que transcurre entre el momento del hormigonado y la vinculación final de todos los elementos, pueden ser mayores que las tensiones determinadas para la carga de servicio.

Dado que los procedimientos de manipulación pueden causar deformaciones no deseables, se debe prestar particular atención a los métodos adoptados para el almacenamiento, transporte y montaje de los elementos prefabricados.

El comportamiento estructural de los elementos prefabricados puede diferir en forma sustancial del comportamiento de los elementos similares hormigonados in-situ, razón por la cual se debe prestar especial atención al diseño de las uniones con el fin de minimizar los efectos de transmitir las fuerzas que se podrían originar por fluencia lenta, contracción, variaciones de temperatura, deformaciones elásticas, asentamientos diferenciales, y la acción del sismo.

El diseño de los elementos prefabricados y de sus uniones es particularmente sensible tanto a las tolerancias en las dimensiones como a su ubicación en la estructura. Con el fin de evitar o prevenir malos entendidos, las tolerancias adoptadas en el diseño estructural deben ser especificadas en los documentos contractuales.

Las exigencias adicionales que plantee el proyecto o el diseño se pueden incluir tanto en los documentos contractuales como en los planos de obra, dependiendo de la asignación de responsabilidades en el proceso de diseño.



A.1.3. Características de la prefabricación

- Economía de mano de obra en labores artesanales.
- Ejecución en plantas o fábricas de gran cantidad de trabajos realizados antes en obra, con lo que se eliminan factores adversos como los efectos cismáticos y de Intemperie, la escasez de espacio en las obras, se aumenta la velocidad de construcción, se mejoran las condiciones laborales, etc.
- Posibilidad de normalizar elementos simples para la obtención de elementos compuestos mediante ensamble o unión.
- Empleo Intensivo de máquinas lo cual permite la fabricación en serie.
- Precisión dimensional, lo cual facilita el ensamble y reduce la mano de obra y el tiempo de construcción.
- La calidad de los elementos prefabricados es mejor y uniforme.
- La prefabricación obliga a planificar la obra, reduciendo la Improvisación y el desperdicio, lo cual redundará en mayor economía.

A.1.3.1 Tipos de elementos prefabricados en concreto

- Muros tipo óvalos.
- Losas superiores ovaladas.
- Zapatas.
- Losas de Piso para tránsito Vehicular.

A.1.4. Juntas o uniones

Todas las juntas han de diseñarse para que se adapten a las condiciones de trabajo y acciones a que vayan a estar sometidos los muros, vigas u otros elementos prefabricados.

Las juntas tienen una gran importancia en el diseño y construcción de los pasos deprimidos con elementos prefabricados.

Las juntas de unión entre los muros y losas superiores deberán sellarse con materiales de gran elasticidad y duración, de fácil colocación y que garanticen la estanqueidad e impermeabilización.



A.1.5. Procedimiento constructivo

A.1.5.1 Planificación

- La planificación es una de las actividades más importantes de un programa de prefabricación.
- La planificación ordena todas las operaciones de fabricación, almacenamiento, transporte y colocación de los elementos prefabricados.
- Una de las características esenciales de un sistema que emplea la prefabricación es que no hay lugar a la improvisación y a la solución de los problemas durante la marcha de la obra. La prefabricación obliga a simular el proceso constructivo completo y resolver anticipadamente todas las situaciones que puedan presentarse en su ejecución.
- Tal como se ha señalado preferentemente, una planificación debe indicar diariamente los elementos a fabricar, desmoldar, almacenar y colocar en obra.

A.1.5.2 Equipos

- Prácticamente, lo que caracteriza a las factorías de prefabricación total es que el único tipo de máquina que en ellas se emplea lo constituyen moldes perfeccionados.
- Aparte de ellos, en estas fábricas se requiere una central de concretos, un taller de armaduras y aparatos de elevación y transporte Interno.
- Normalmente los moldes poseen mando automático, eléctrico o neumático. Debido a la rapidez de desmolde ofrecen un gran rendimiento. Esta rapidez se consigue gracias al curado del concreto o estufado a que es sometido el molde sin necesidad de desplazarlo. Todos son concebidos para asegurar una perfecta vibración y un fácil desmolde.
- Las áreas destinadas a almacén de piezas acabadas presentan siempre el problema de sus dimensiones, a pesar de los progresos realizados en la solución del apilado.
- En lo que concierne a las fábricas móviles, es necesario llevar a cabo una conveniente organización de las mismas antes de su puesta en marcha, a fin de evitar las manipulaciones y cambios que son siempre causa de gastos, desperfectos y retrasos.
- La Torre-grúa, la estructura a construir y el área de prefabricación deben estar entre sí lo más cerca posible.

La Instalación tipo de una fábrica a pie de obra comprende:



Universidad de Cuenca

- Una o varias Torre-grúas, según la Importancia de la factoría.
- Un área de prefabricación construida sobre pavimento.
- Una serie de moldes de acero, madera o concreto.
- Un cobertizo destinado a la protección de los obreros y de las piezas recién fabricadas.
- Una central de hormigón.
- Una Instalación para el curado del concreto.

A.1.5.3 Fabricación

- En la fabricación propiamente dicha, hay que distinguir cuatro partes Importantes: la preparación del concreto, el moldeo, la compactación y el curado.
- El concreto se prepara en central automática en las Instalaciones fijas de mayor Importancia, transportándose mediante vagonetas o cubiletes con ayuda de grúas- puente hasta las mesas de trabajo, si ocupan posición fija.
- El taller de armaduras comprenderá: devanadoras de rollos, enderezadoras, cizallas y máquinas de doblar, bancos y caballetes de montaje y máquinas para soldar, fijas o móviles, según la complejidad o el peso de las armaduras.
- En la prefabricación pesada, las mesas de moldeo son generalmente fijas estando revestidas con chapas metálicas, maderas compensadas o losas de hormigón, acoplándose en su periferia los costeros o piezas laterales de borde y en su Interior las armaduras, puertas, ventanas, canalizaciones, etc. La cara en contacto con la mesa queda lisa o con los revestimientos tendidos previamente sobre aquella. La cara superior es la que recibe los acabados de superficie, relabrados, etc.
- Los moldes metálicos utilizados para la vibración son de alto costo por lo cual se racionaliza el uso del mismo molde para diferentes piezas que presenten pequeñas diferencias de forma, mediante elementos adaptabas.

A.1.5.4. Unidades de medición y pago

El pago se hará según el diseño, al precio unitario estipulado en el contrato, para este ítem. En los demás casos su costo se incluirá en el valor unitario de la respectiva obra. El precio unitario incluirá todos los costos por materiales, herramientas, y por todo el trabajo de materiales, equipo e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo especificado.



A.1.6. Juntas de dilatación

A.1.6.1. Descripción

Tienen por objeto permitir las deformaciones diferenciales originadas por las variaciones térmicas y/o higroscópicas entre las placas, la capa de adhesivo y el soporte. El diseño de juntas de dilatación se suele efectuar a pie de obra, por lo que puede resultar útil disponer de unos criterios mínimos para su dimensionado.

A.1.6.2. Ventajas de instalación

- Alta elasticidad.
- Excelente resistencia química, a la intemperie y al agua.
- Buen comportamiento a bajas y altas temperaturas.
- Alta resistencia al envejecimiento.
- Excelente adherencia del adhesivo epóxico a diversos materiales de construcción, además de ser insensible a la humedad.
- Inmediata liberación al tráfico después de aplicado
- Facilidad de Aplicación.
- El área de pega es de fácil acceso facilitando así la preparación de la superficie, la aplicación y la futura inspección.
- Sello efectivo en juntas de amplia sección y con gran movimiento longitudinal, transversal y perpendicular al eje de la punta.

A.1.6.3. Materiales, herramientas y equipos

- Junta preformada según los diseños estructurales.
- Adhesivo epóxico de 2 componentes.
- Sistema de presurización del perfil durante el periodo de curado.
- Llana metálica, recipientes plásticos, brochas, rodillos, espátulas, elementos de protección.

A.1.6.4. Procedimiento constructivo



Universidad de Cuenca

- Para determinar el tamaño de las juntas es conveniente conocer las dimensiones calculadas. Se debe buscar que el tamaño de la junta sea exactamente igual al de la fisura en el pavimento. Según como lo indican los diseños.
- La superficie de la junta debe estar limpia, seca, libre de polvo, partículas de cemento o concreto, grasa o cualquier otro tipo de material extraño.
- Mezclar las partes A y B del adhesivo epóxico, mezclando manualmente, hasta obtener una mezcla de color uniforme. Aplique el adhesivo epóxico con espátula de madera o de caucho en la zona del soporte delimitada por cinta de enmascarar.
- Retire la cinta de enmascarar inmediatamente después de aplicar el adhesivo epóxico.

A.1.6.5. Unidades de medición y pago

El pago se hará por metro lineal m de JUNTA SELLADA. En los demás casos su costo se incluirá en el valor unitario de la respectiva obra. El precio unitario incluirá todos los materiales, herramientas para la instalación, equipo e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo especificado.

A.1.6.7. Manipulación

- Las especificaciones exigen un comportamiento aceptable y una adecuada resistencia bajo las cargas mayoradas. Sin embargo, las cargas de manipulación no deberían producir tensiones, deformaciones específicas, fisuración, o flechas permanentes no inconsistentes.
- Un elemento prefabricado no debiera ser objetado o cuestionado sólo por una fisuración o un descascaramiento menor siempre que la resistencia y la durabilidad no sean afectadas.
- Todas las **uniones temporarias** que se deban realizar durante la etapa de montaje, como así también los arriostramientos y apuntalamientos transitorios, al igual que la secuencia en que deben ser retirados, se deben indicar en los planos de obra y en los planos de montaje.

A.1.7. Inspección y mantenimiento

Debido a que no se pueden evitar fallos y daños en la vida de un paso a desnivel, es necesario disponer de un sistema de mantenimiento e inspección mediante revisiones anuales y una inspección más detallada cada cinco años, con tal de poder detectar los daños en un estado en el que es fácil la reparación. Durante las inspecciones tienen que considerarse los aspectos específicos del hormigón, deterioro de superficies, grietas, así como el deterioro de los sistemas de desagües, entre otros.



A.1.8. Uniones de esquinas

La unión debe resistir un momento por los menos equivalente al de falla calculado para los elementos que llegan a ellas (es decir, la eficiencia de la unión debe ser por lo menos del cien por ciento). Diversos ensayos demuestran que, para los despieces comúnmente utilizados, la eficiencia de las uniones puede ser tan baja como el 30 por ciento.

Las uniones pueden someterse a momentos con tendencia a abrir la unión, que ocasionan tensión en la parte interna, o a momentos con la tendencia a cerrar la unión, que ocasionan tensión en la parte externa. Por lo general.

La unión entre el muro vertical y la losa superior es simplemente apoyada, por lo que no hay mayor dificultad en ellos, sin embargo se deben respetar los detalles constructivos que se detallan siempre en los planos de diseño.

La unión entre el muro y la zapata es más compleja, pues los muros de contención se someten a momentos con tendencia a abrir la unión, esto se debe a que se tiene que rellenar la parte posterior hasta que el relleno tenga la capacidad de soportar los esfuerzos que se den debido al peso provocado el momento que la losa superior se implante.

La unión entre muros y zapatas es en T, puede verse que está sometida a momentos flectores. La distribución del refuerzo de la figura A.1.8.1 (a), que se utiliza algunas veces, permite una eficiencia de la unión de apenas entre el 24 y 40 por ciento, mientras que la simple redistribución expuesta en la figura A.1.8.1 (b) mejora la efectividad hasta valores entre 82 y cien por ciento. En ambos casos, la eficiencia depende de la cuantía principal de acero en los elementos que llegan, y la mayor efectividad corresponde a la menor cuantía de acero a tensión. La eficiencia de estas uniones puede mejorarse si se aumenta el radio de doblamiento de la barra.

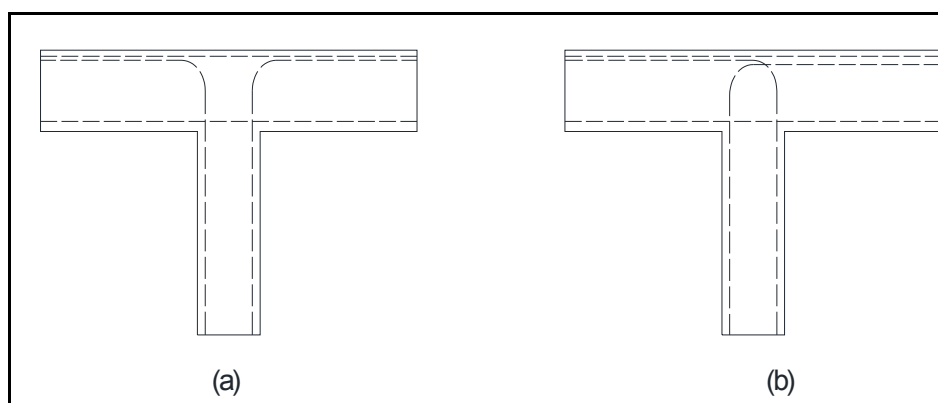


Figura A.1.8.1 Gráfica de la Unión en T



Universidad de Cuenca

ANEXO 2:
REQUERIMIENTOS TÉCNICOS



A.2.1. Diseño a última resistencia aplicada a puentes y pasos deprimidos AASHTO LRFD 2004

A.2.1.1 Aspectos generales

El siguiente capítulo trata de dar a conocer la normativa para el cálculo de puentes y pasos deprimidos que se utiliza actualmente en nuestro país, por lo cual comprende un resumen de los capítulos más relevantes, con respecto al tema, de la norma **AASHTO LRFD 2004** "Bridge Design Specification", los cuales serán utilizados posteriormente para su aplicación en el diseño de los pasos deprimidos modelados en el programa Sap2000.

A.2.2. Filosofía de diseño

A.2.2.1. Estados límites

General

La filosofía de diseño de la AASHTO establece que los puentes deben ser diseñados para estados límites específicos. La base de la metodología AASHTO es la siguiente ecuación:

$$\sum n_i * y_i * Q_i < \phi R_n = R_r \quad (2.1)$$

Dónde:

n_i es un factor de modificación de carga, el cual es relativo a la ductilidad, redundancia y a la importancia operacional. Para cargas para las cuales un valor máximo de y_i es apropiado se considera:

$$n_i = n_D * n_R * n_I > 0.95 \quad (2.2)$$

Para cargas para las cuales un valor mínimo de y_i es apropiado, se considera:

$$n_i = \frac{1}{n_D * n_R * n_I} < 1.0 \quad (2.3)$$



y_i = es un factor de carga: multiplicador de base estadística que se aplica a las solicitaciones.

n_D = factor relacionado con la ductilidad.

n_R = factor relacionado con la redundancia.

n_I = factor relacionado con la importancia operativa.

Se define en la Ec. 2.1.

Q_i Equivale a cada una de las cargas aplicadas.

ϕ Es un factor de resistencia, un multiplicador base estadístico aplicado a la resistencia nominal ante una solicitación en particular.

R_n Es la resistencia nominal ante cada solicitación.

R_r Es la resistencia factorizada = $\phi * R_n$.

A.2.3. Criterios de diseño

A.2.3.1. Criterio por deformación

El criterio por deformación se considera opcional. Si se aplica este criterio las cargas vehiculares deben incluir el incremento por carga dinámica. Si el mandante escoge incluir este criterio, los siguientes principios deben ser aplicados:

- Cuando se investiga la deformación máxima absoluta, todas las pistas a diseñar deben estar cargadas, y todos los componentes soportantes se deben asumir que se deforman de igual forma.
- Para diseños compuestos, el diseño de la sección transversal del puente debe incluir el ancho completo del camino más su porción estructural continua de las barandas, aceras y barreras.
- Cuando se investiga el desplazamiento máximo relativo, el número y posición de las pistas cargadas debe ser seleccionado para asegurar el peor efecto diferencial.
- Se debería utilizar la porción correspondiente a la sobrecarga viva de la combinación de cargas de servicio I, incluyendo el incremento por carga dinámica, IM.

En ausencia de otros criterios, para las construcciones de acero, aluminio y/u hormigón se puede considerar los siguientes límites de deflexión:



Universidad de Cuenca

- Carga vehicular, general..... Longitud/800,
- Cargas vehiculares y/o peatonales..... Longitud/1000,
- Cargas vehiculares sobre voladizos..... Longitud/300,
- Cargas vehiculares y/o peatonales sobre voladizos..... Longitud/375

Las grandes deformaciones de los elementos provocan que los sujetadores se aflojen y que los materiales frágiles, tales como el pavimento asfáltico, se fisuren y rompan.

Además las deformaciones dan una mala apariencia a los puentes así como a los pasos deprimidos y una percepción pobre de su estructura.

A.2.3.2. Factores de carga y resistencia

Designación de cargas

Las siguientes cargas permanentes y transitorias deben ser consideradas para el diseño de un puente y pasos deprimidos:

Cargas permanentes:

- DD = Fricción negativa (downdrag).
- DC = Peso propio de los elementos estructurales y no estructurales del puente.
- DW = Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.
- EH = Empuje horizontal del suelo.
- EL = Tensiones residuales acumuladas resultantes del proceso constructivo, incluyendo las fuerzas secundarias del pos tensado.
- ES = Sobrecarga de suelo.
- EV = Presión vertical del peso propio del suelo de relleno.

Cargas transitorias:

- BR = Fuerza de frenado de los vehículos.
- CE = Fuerza centrífuga de los vehículos.



Universidad de Cuenca

- CR = Creep o fluencia lenta.
- CT = Fuerza de colisión de un vehículo.
- CV = Fuerza de colisión de una embarcación.
- EQ = Sismo.
- FR = Fricción.
- IC = Carga de hielo.
- IM = Incremento por carga vehicular dinámica.
- LL = Sobrecarga vehicular.
- LS = Sobrecarga viva.
- PL = Sobrecarga peatonal.
- SE = Asentamiento.
- SH = Contracción.
- TG = Gradiente de temperatura.
- TU = Temperatura uniforme.
- WA = Carga hidráulica y presión del flujo de agua.
- WL = Viento sobre la sobrecarga.
- WS = Viento sobre la estructura.

Combinaciones de carga

Las fuerzas totales factorizadas se consideran como:

$$Q = \sum n_i * y_i * Q_i$$

Cuyos factores son definidos en el apartado 2.2 de esta memoria.

La suma algebraica de estos productos son las solicitaciones totales para las cuales se deberían diseñar el puente y sus elementos.

La ecuación del apartado 2.1 la deben satisfacer todos los elementos y conexiones del puente, para la combinación de carga aplicada especificada en cada uno de los siguientes estados límites:

- Resistencia I: Combinación de carga básica que representa el uso vehicular normal de un puente, sin viento.
- Resistencia II: Combinación de carga 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.



Universidad de Cuenca

- Resistencia III: Combinación de carga que representa el puente expuesto a vientos de velocidades superiores a 90 (Km./h).
 - Resistencia IV: Combinación de carga que representa relaciones muy elevadas entre las sollicitaciones provocadas por las cargas permanentes y las provocadas por las sobrecargas.
 - Resistencia V: Combinación de carga 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 carga que incluye sismo.
 - Evento Extremo II: Combinación de carga 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.
- Debido a que la probabilidad de que ocurran simultáneamente estos eventos es extremadamente baja se especifica que estos eventos se apliquen de forma independiente.
- Un factor de carga viva de 0.5 significa una baja probabilidad de ocurrencia simultánea entre la máxima carga viva vehicular (distinta a CT) y los eventos extremos.
- Servicio I: Combinación de carga que representa la operación normal del puente con un viento de 90 (Km/h), tomando todas las cargas a sus valores nominales.
 - Servicio II: Combinación de carga que intenta controlar la fluencia de las estructuras de acero y el deslizamiento que provoca la sobrecarga vehicular en las conexiones de deslizamiento crítico.
- Esta combinación de carga es solo aplicable para estructuras de acero.
- Servicio III: Combinación de carga relacionada exclusivamente con la tracción en superestructuras de hormigón pretensado, con el fin de controlar la fisuración.
 - Servicio IV: Combinación de carga relacionada exclusivamente con la tracción en subestructuras de hormigón pretensado, con el fin de controlar la fisuración.
 - Fatiga: Combinación de carga de fatiga y fractura que se relacionan con la sobrecarga gravitatoria vehicular repetitiva y las respuestas dinámicas bajo un único camión de diseño con separación constante de 9000 mm entre ejes de 145000 (N).



Universidad de Cuenca

En la Tabla N°1 se especifican todas las combinaciones de carga según estado límite, junto con los factores de carga respectivos.

TABLA N°1. Combinaciones de carga.

Combinación de Cargas	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Usar sólo uno por vez				
										EQ	IC	CT	CV	
Estado Límite														
RESISTENCIA I (a menos que se especifique lo contrario)	γ_p	1,75	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
RESISTENCIA II	γ_p	1,35	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
RESISTENCIA III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
RESISTENCIA IV – Sólo EH, EV, ES, DW, DC	γ_p 1,5	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-	-	-
RESISTENCIA V	γ_p	1,35	1,00	0,40	1,0	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00
SERVICIO I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,0	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{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	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
SERVICIO IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,0	-	-	-	-	-
FATIGA - Sólo LL, IM y CE	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Se puede especificar, por medio del diseñador o el mandante, que ciertas cargas, de una combinación de carga dada, no se aplican al caso en estudio. Las cargas de una combinación se multiplican por sus factores de carga respectivos y por los factores de múltiple presencia de carga viva, el que se detalla más adelante, si es que corresponde.

Factores de carga

GENERALIDADES

En el caso de combinaciones de carga, donde una carga reduce el valor de la otra, la carga que reduce se le debe aplicar un factor de carga de valor mínimo, y viceversa, con el fin de crear la situación más desfavorable.

FACTORES DE CARGA PARA CARGAS PERMANENTES



Universidad de Cuenca

Para cargas permanentes, los factores de carga que producen las combinaciones más críticas deben ser seleccionados de la Tabla N°2.

TABLA N°2. Factores de carga para cargas permanentes, γ_p

Tipo de carga	Factor de Carga	
	Máximo	Mínimo
<i>DC</i> : Elemento y accesorios	1,25	0,90
<i>DD</i> : Fricción negativa (downdrag)	1,80	0,45
<i>DW</i> : Superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos	1,50	0,65
<i>EH</i> : Empuje horizontal del suelo		
• Activo	1,50	0,90
• En reposo	1,35	0,90
<i>EL</i> : Tensiones residuales de montaje	1,00	1,00
<i>EV</i> : Empuje vertical del suelo		
• Estabilidad global	1,00	N/A
• Muros de sostenimiento y estribos	1,35	1,00
• Estructura rígida enterrada	1,30	0,90
• Marcos rígidos	1,35	0,90
• Estructuras flexibles enterradas u otras, excepto alcantarillas metálicas rectangulares	1,95	0,90
• Alcantarillas metálicas rectangulares flexibles	1,50	0,90
<i>ES</i> : Sobrecarga de suelo	1,50	0,75

Los valores mínimos de los factores de carga de las cargas permanentes se pueden aplicar en el caso de que, por ejemplo, las cargas permanentes incrementen la estabilidad o la capacidad de carga de un elemento de un puente, o que reduzcan los efectos de las cargas vivas.

Cargas permanentes

La carga permanente deberá incluir el peso propio de todos los componentes de la estructura, accesorios e instalaciones de servicio unidas a la misma, superficie de rodamiento, futuras sobre capas y ensanchamientos previstos.

En ausencia de información más precisa, las densidades especificadas en la Tabla N°3 deben ser utilizadas para el cálculo de las cargas permanentes.



TABLA N°3. Densidades.

Material		Densidad Kg/m³
Aleaciones de aluminio		2800
Superficies de rodamiento bituminosas		2250
Hierro fundido		7200
Escoria		960
Arena, limo o arcilla compactados		1925
Hormigón	Agregados de baja densidad	1775
	Agregados de baja densidad y arena	1925
	Densidad norma con $f_c \leq 35$ MPa	2320
	Densidad normal con $35 < f_c \leq 105$ MPa	$2240 + 2.29 f_c$
Arena, limo o grava sueltos		1600
Arcilla blanda		1600
Grava, macadán o balasto compactado a rodillo		2250
Acero		7850
Sillería		2725
Madera	Dura	960
	Blanda	800
Agua	Dulce	1000
	Salada	1025
Elemento		Masa por unidad de longitud (Kg/mm)
Rieles para tránsito, durmientes y fijadores por vía		0.30

Tabla N°3. Continuación: Pesos específicos para los materiales más habituales utilizados en la construcción de Puentes

Material	Peso específico KN/m³
Aluminio	27
Fundición	72.5
Plomo	114
Madera seca de coníferas	6.5
Madera de frondosa	11
Madera húmeda	11



Universidad de Cuenca

Hormigón en masa de materiales tratados con cemento	25
Hormigón armado y pretensado	25
Hormigón ligero	20
Mortero de cemento	23
Mortero de yeso	20
Mortero de cemento y cal	20
Mortero de cal	18
Fábrica de ladrillo cerámico macizo	18
Fábrica de ladrillo cerámico hueco	12
Mampostería de basalto	28
Mampostería de granito o caliza	25
Materiales granulares (zahorras, gravas y arenas)	20
Arena (seca)	16
Balasto, árido grueso (suelto)	16
Relleno de arcilla o tierra seca	16
Relleno de arcilla o tierra húmeda	20
Asfalto fundido y hormigón bituminoso	25
Material elastomérico	25
Asfalto apasionado en caliente	23
Mastico asfáltico	22

Cargas vivas

CARGA VIVA VEHICULAR

FACTORES DE MULTIPLE PRESENCIA DE CARGA VIVA

Las siguientes recomendaciones no se aplican para el estado límite de fatiga, en el cual se utiliza un solo camión de diseño, independiente del número de pistas de diseño.

A menos que se especifique lo contrario, la solicitación extrema de la sobrecarga debe ser determinada 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. En ausencia de mayor información los valores de la Tabla N°4 deben ser utilizados para:

- Investigar los efectos de un carril cargado.
- Investigar los efectos de tres o más carriles cargados.

Nardo Gabriel Bacuilima Alvarracín



Universidad de Cuenca

Para determinar el número de carriles cuando la condición de carga incluye cargas peatonales combinadas con uno o más carriles con la sobrecarga vehicular, las cargas peatonales se pueden considerar como un carril cargado.

TABLA N°4. Factor de presencia múltiple (m).

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

Es responsabilidad del Ingeniero Estructural determinar el número y ubicación de vehículos y carriles, y por ende incluir los factores de presencia múltiple, escogiendo el caso más desfavorable.

El factor de presencia múltiple de 1.2 para un único carril no se aplica a las cargas peatonales. Este factor reemplaza al 20% de incremento de cargas definido por la dirección de vialidad de nuestro país.

Los factores de presencia múltiple de la Tabla N°4 fueron desarrollados sobre la base de una TMDA (Tránsito Medio Diario Anual) de 5000 camiones circulando en una dirección. Para sitios con un TMDA menor, la sollicitación resultante de considerar el número adecuado de carriles se puede reducir de la siguiente manera:

- Si $100 < \text{TMDA} < 1000$, se puede utilizar el 95% de la sollicitación especificada.
- Si $\text{TMDA} < 100$, se puede utilizar el 90% de la sollicitación especificada.

De esta forma se puede extrapolar la tabla anterior en función del TMDA medido en terreno. En caso de obtener un TMDA superior al establecido anteriormente, los valores de la tabla N°4 se verán incrementados.

SOBRECARGA VEHICULAR DE DISEÑO

General

El sistema de carga viva vehicular en los puentes se denomina HL-93, el cual debe consistir de una combinación de:

- Camión de diseño o Tandem de diseño, y

Nardo Gabriel Bacuilima Alvarracín



Universidad de Cuenca

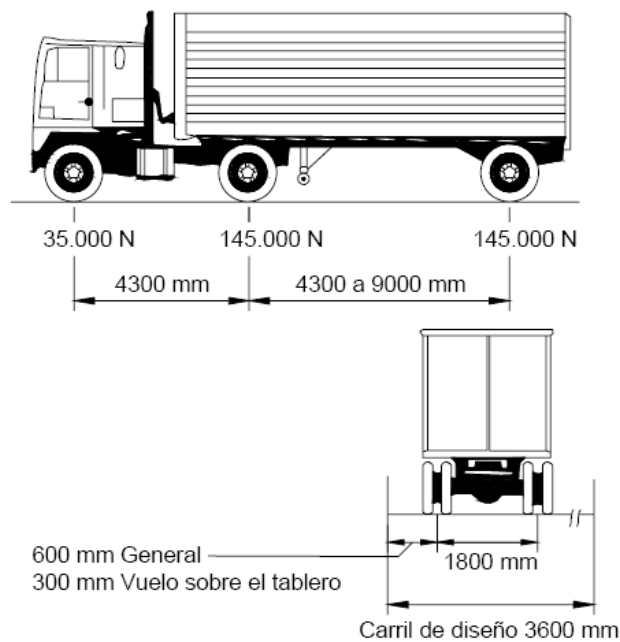
- Carga de carril de diseño (pista cargada).

Las cargas se deben asumir para ocupar 3000 mm transversalmente dentro de la pista de diseño.

Camión de Diseño

Los pesos y las separaciones entre los ejes y las ruedas del camión de diseño serán como se especifica en la Figura N°6. La separación entre los dos ejes de 145000 N debe variar entre 4300 y 9000 mm para producir las solicitaciones extremas.

Figura N°6. Características del camión de diseño



Tándem de diseño

El tándem de diseño consistirá en un par de ejes de 110000 N con una separación de 1200mm. La separación transversal de las ruedas se deberá tomar como 1800mm.

Carga del carril de diseño (pista cargada)



Universidad de Cuenca

Esta debe consistir en una carga de 9.3 N/mm, uniformemente distribuida en la dirección longitudinal. Transversalmente se supondrá uniformemente distribuida sobre un ancho de 3000mm.

Carga de Fatiga

Magnitud y configuración

La carga de fatiga debe ser la del camión de diseño pero con un espaciamiento constante de 9000 mm entre los ejes de 145000 (N).

Carga de viento

Las cargas de viento no se detallarán en los procedimientos de cálculo de estos pasos deprimidos.

Carga sísmica

Las cargas sísmicas EQ son obtenidas según el Manual de Carreteras para ser aplicable a puentes y pasos deprimidos. No se detallaran los procedimientos de cálculo de la AASHTO, ya que en USA existen sismos superficiales producto de sus fallas tectónicas.

El procedimiento de cálculo no se detallará en este informe, para cubrir este factor se considera normalmente:

- 1.- Método de Mononobe Okabe para determinar presiones estáticas equivalentes a las cargas sísmicas.
- 2.- Según las Especificaciones AASHTO numeral 4.7.4.2 Análisis dinámico para puentes de un solo tramo no se requiere análisis sísmico, independientemente de la zona sísmica en la cual estén ubicados.

A.2.4. Diseño de la cimentación

A.2.4.1. Introducción

Antes de realizar el estudio de la cimentación, es indispensable, resolver con criterio la superestructura, para determinar exactamente la dirección de las fuerzas que soportará la cimentación en todas las hipótesis de repartición de cargas permanentes y sobrecargas.



Universidad de Cuenca

La determinación exacta del sistema de fuerzas que actúan sobre una cimentación, e incluso la subpresión, si existe, es uno de los datos básicos del problema; esto es debido a que los esfuerzos que transmiten las estructuras son diferentes.

Por lo visto, entonces el tipo y destino de una obra es fundamental en un proyecto de cimentación.

DEFINICIÓN DE CIMIENTO

El cimiento es un elemento estructural intermedio entre el suelo y la estructura, encargado de transmitir las cargas al suelo y cuyas dimensiones va a depender de las características estructurales de la obra y de la carga que éste transmita, así como del tipo de suelo o roca donde se sustenta la cimentación.

CRITERIOS DE DISEÑO

En el cálculo de cimentaciones, existen dos criterios de diseño, Estos son:

CRITERIO GEOTÉCNICO

Para considerar como adecuado el diseño de una cimentación superficial ésta debe cumplir una serie de condiciones, entre las que se pueden mencionar:

- Profundidad de cimentaciones,
- Dimensiones asociadas a no sobrepasar la capacidad resistente del suelo.
- Cumplir los requisitos asociados al criterio de estabilidad y deformación.

CRITERIO ESTRUCTURAL

Atendiendo a este criterio se determinan:

- Peralte de la base,
- Cantidad y disposición del acero de refuerzo,
- Resistencia de los materiales (acero y hormigón).

Factores de los cuales depende el dimensionamiento del cimiento

El dimensionamiento de un cimiento depende de los siguientes factores:

Nardo Gabriel Bacuilima Alvarracín



Universidad de Cuenca

- Forma geométrica del cimiento (rectangular, cuadrado, circular, etc.).
- Tipo de suelo en el que se apoya el cimiento, definido por sus propiedades físico-mecánicas (γ , ϕ , c , E_0).
- Profundidad de cimentación.
- Solicitaciones actuantes.
- Condiciones de trabajo de la base.
- Importancia de la obra.
- Influencia de las aguas subterráneas.

Investigación del sitio de obra

1. Recopilar y ordenar la información previa del sitio.

- Topografía.
- Geología.
- Servicios estructuras previas.
- Estructuras sensibles.

2. Exploración del terreno.

- Conocer las características y la geología.

3. Realizar perforaciones en:

- Zonas muy cargadas.
- Zonas de geometría difícil.
- Partes opuestas de la estructura.

Ensayos de laboratorio

- Clasificación del material (Granulometrías, LL, LP, IP, etc.).
- Densidad.
- Humedad natural.
- Ensayos de Compresión simple.
- Ensayos de Corte directo.
- Triaxial (U.U).
- Consolidación.



Geología

Según los Mapas Geológicos de las diferentes Zonas se tiene una idea de las características y propiedades de los diferentes suelos que únicamente nos pueden servir para hacer prediseños.

A.2.4.2. Consideraciones sobre la elección del coeficiente de balasto

Introducción y antecedentes

En la actualidad para el estudio de estructuras de manera conjunta con el terreno, es frecuente, utilizar diversos programas de cálculo en ordenador que utilizan el modelo matemático de Winkler para definir el comportamiento del terreno.

El método de utilizar la reacción del suelo se creó inicialmente para el análisis de las traviesas del ferrocarril, donde el balasto es la capa de grava que se tiende sobre la explanación de los ferrocarriles para asentar y sujetar las traviesas. El creador de este modelo de interacción estructura-terreno fue Winkler, y tiene múltiples aplicaciones, no sólo en el campo de las cimentaciones, sino en cualquier problema que pudiese adaptarse a este modelo.

Recordemos que, en el modelo de Winkler, el coeficiente de balasto k_8 es un parámetro que se define como la relación entre la presión que actúa en un punto, p , y el asiento que produce, y , es decir: $k_8 = p/y$. Este parámetro tiene la dimensión de un peso específico y , aunque depende de las propiedades del terreno, no es una constante del mismo ya que el asiento de una cimentación apoyada sobre un medio pseudo elástico, depende de las dimensiones del área cargada y existen grandes diferencias si se estudian estructuras verticales.

La elección del coeficiente de balasto ha sido objeto de varias propuestas, sugeridas por diversos autores, los cuales, en general, parten del trabajo inicial de Karl Terzaghi que, bajo el título "**Evaluation of coefficients of subgrade reaction**", fue publicado en la revista Geotechnique, en 1955, en este artículo, utilizando unidades anglosajonas, Terzaghi dio no solo los coeficientes de reacción vertical, a utilizar en el estudio de vigas horizontales, sino también los coeficientes de reacción horizontal para el análisis de estructuras verticales, como pilotes, pantallas o tablestacas.

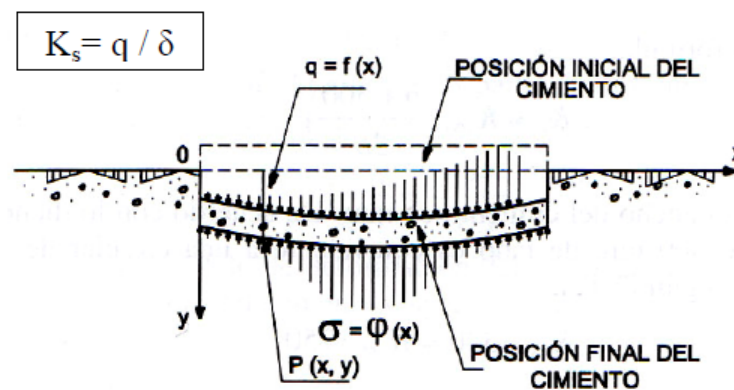
Terzaghi, para el estudio de cimentaciones, hizo dos propuestas, una para suelos arcillosos, y otra para suelos arenosos, indicando, en cada caso, el valor $k_{8(1)}$ a utilizar con una placa cuadrado de lado igual a (1 pie), para pasar luego a placas cuadradas de lado (b) y a cimentaciones rectangulares de



Universidad de Cuenca

dimensiones $(b \times l)$. En los apartados siguientes, se resumen los puntos fundamentales de las propuestas originales, sustituyendo en la notación $k_{8(1)}$ por k_{30} en unidades métricas. Para placa cuadrada de lado (b) se adopta la notación k_b y por una cimentación rectangular de dimensiones $(b \times l)$ la notación $k_{b,l}$.

Actualmente en el campo de las cimentaciones, uno de los métodos más empleados para calcular los esfuerzos es la modelización como viga flexible, en el cual se supone el terreno como un conjunto infinito de muelles situados bajo una viga deformable, la cimentación. La constante de deformación de cada muelle es K_s (módulo de balasto), valor obtenido del cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento, en nuestro caso (δ) .



Recomendaciones

A grandes rasgos el modelo de interacción cemento-terreno se ha de ajustar a la forma de distribuirse las presiones sobre el terreno. Si éstas se distribuyen de una manera lineal, como por ejemplo en cimentaciones rígidas, el cálculo debe llevarse a cabo mediante los métodos clásicos de cimentaciones con leyes de tensiones lineales. Si la distribución de tensiones es irregular, debe usar un modelo de elementos flexibles, como por ejemplo el método de Winkler o los elementos finitos.

Debido al desconocimiento real de los valores del módulo de balasto para unos determinados cimentación, estructura y terreno, es necesario que calcular con órdenes de magnitud. Para ello se hace un estudio de sensibilidad de la variable, es decir, analizamos los resultados del cálculo con tres valores de K distintos, por ejemplo un diez veces mayor y otro diez veces menor que el que tenemos estimado, para así ver cuánto influye esta variable. En caso de ser de gran influencia es recomendable hacer una comprobación inversa a partir del asiento, calculando el módulo K



Universidad de Cuenca

correspondiente al valor del asiento de la cimentación, estimados por los métodos clásicos de la geotecnia.

Cuestiones a considerar

- Se parte de la hipótesis ideal de suelos homogéneos.
- No se tiene en cuenta la interacción entre cimientos próximos.
- Depende de la superficie de la cimentación: relación entre tensiones y asientos.
- El coeficiente de balasto es inversamente proporcional al asiento.
- Se determina en laboratorio, mediante ensayo de placa de carga de diferentes diámetros D (generalmente 30x30cm), cumpliéndose la relación: $K_1 \times D_1 = K_2 \times D_2$

Suelos arcillosos y suelos arenosos

SUELOS ARCILLOSOS

Para el estudio de estructuras horizontales apoyadas sobre un suelo arcilloso, Terzaghi propuso un coeficiente de balasto $k_{s(1)}$, válido para la placa cuadrada de un pie de lado, en función de la consistencia de la arcilla, definida por la resistencia a compresión simple q_u , dando los siguientes valores medios:

Tipo de arcilla	q_u (kg/cm ²)	$K_{s(1)}$ (kg/cm ³)
Arcillas consistentes	1 a 2	1,6 a 3,2
Arcillas muy consistentes	2 a 4	3,2 a 6,4
Arcillas duras	> 4	> 6,4

En cimentaciones rectangulares de ancho b y longitud l, el valor del coeficiente de balasto resulta:

$$k_{b,l} \left(t/m^3 \right) = \frac{100}{3} * q_u \left(\frac{t}{m^2} \right) * \frac{1}{b(m)} \left(1 + \frac{b}{2 * l} \right)$$

Si no se conoce el valor de q_u y en cambio se dispone el valor de **N** obtenido en el ensayo de penetración estándar SPT, puede utilizarse, en primera aproximación, la relación dada por Terzaghi entre este parámetro y el valor de la resistencia a compresión simple:

$$q_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = N/8 \text{ ó bien } q_u \text{ (t/m}^2\text{)} = 1,25 N$$

Sustituyendo esta relación en las expresiones anteriores, se obtiene de manera aproximada:



Universidad de Cuenca

$$E_c \text{ (t/m}^2\text{)} = k_{b,l} * b \cong 40 * N * \left(1 + \frac{b}{2 * l}\right)$$

$$k_{b,l} \text{ (t/m}^3\text{)} = 40 * N * \frac{1}{b(m)} \left(1 + \frac{b}{2 * l}\right)$$

SUELOS ARENOSOS

En el caso de las arenas Terzaghi propuso, para la placa de (1pie x 1pie), unos valores de $k_{s(1)}$ en función de la compacidad del material, dando los siguientes valores medio para **arena seca o húmeda.**

Tipo de Arena	$k_{s(1)}$ (kg/cm ³)
Arena Floja	1,28
Arena Media	4,15
Arena densa	15,97

Partiendo de estos valores se ha podido observar que el algoritmo del coeficiente de balasto sigue una ley sensiblemente lineal con el valor de N.

Valores Orientativos para Placa (k30)

COEFICIENTE DE BALASTO Valores para placa de carga de 30x30cm2 (K30).

Clases de suelo	(k/cm3)	Clases de suelo	(k/cm3)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0	Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 – 10,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5	Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 – 12,0
Arena fina de ribera o	1,0 - 1,5	Gravilla arenosa floja	4,0 - 8,0



Universidad de Cuenca

playa			
Arena floja seca	1,0 - 1,3	Gravilla arenosa compacta	9,0 - 25,0
Arena floja húmeda	0,8 - 1,0	Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Arena media seca	3,0 - 9,0	Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Arena media húmeda	2,0 - 6,0	Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Arena compacta seca	9,0 - 20,0	Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Arena compacta húmeda	7,0 - 13,0	Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Capa de humus, arena y grava	1,0 - 2,0	Rocas blandas o algo alteradas	>30,0
Arcilla mojada	2,0 - 3,0	Rocas sanas	>500,0
Arcilla húmeda	4,0 - 5,0		
Arcilla seca	6,0 - 9,0		
Arcilla seca dura	> 10,0		
Margas arcillosas	20,0 - 40,0		

UNIDADES: $1 \text{ k/cm}^3 \approx 10^3 \text{ T/m}^3 \approx 10^4 \text{ kN/m}^3$



VALORES APROXIMADOS DEL MÓDULO DE BALASTO K_{300}

(Placa cuadrada $\ell = 300 \text{ mm}$)

División primaria	Grupo de suelos y descripción típica	Símbolo	\bar{N}/mm^3
Gravas y suelos con gravas	Gravas con buena granulometría o mezclas de arena y grava. Pocos finos.	GW	0,28 – 0,40
	Mezclas de arcilla-arena-grava, con buena granulometría. Excelente trabazón.	GC	0,24 – 0,40
	Gravas con pobre granulometría y mezclas de arenas y gravas. Pocos finos.	GP	0,18 – 0,28
	Gravas con finos, gravas limosas, gravas arcillosas. Mezclas arcilla, arena y grava con mala granulometría.	GF	0,15 – 0,28
Arenas y suelos arenosos	Arenas con buena granulometría y arenas con gravas. Pocos finos.	SW	0,15 – 0,35
	Mezclas de arenas y arcillas con buena granulometría. Excelente trabazón.	SC	0,15 – 0,35
	Arenas con mala granulometría. Pocos finos.	SP	0,13 – 0,20
	Arenas con finos, arenas limosas, arenas arcillosas. Mezclas arena-arcilla con mala granulometría.	SF	0,11 – 0,20
Suelos de grano fino con baja o media plasticidad	Limos inorgánicos y arenas finas. Polvo rocoso, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad.	ML	0,9 – 0,20
	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o media, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	CL	0,9 – 0,13
	Limos orgánicos y limo-arcillas de baja plasticidad.	OL	0,07 – 0,11
Suelos con grano fino con plasticidad alta	Suelos arenosos finos, con mica o tierra de diatomeas, limos elásticos.	MH	0,04 – 0,11
	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta, arcillas gruesas.	CH	0,04 – 0,09
	Arcillas inorgánicas de plasticidad media o alta	OH	0,04 – 0,09



BIBLIOGRAFÍA

Especificaciones AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials,) para el diseño de puentes por el método LRFD, 2004.

Analysis and Design of Reinforced Concrete Bridge Structures ACI 343R-95.

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-08).

Arthur H. Nilson, Diseño de Estructuras de Concreto, duodécima edición, junio-2000.

Roberto Rochel Awad, Hormigón Reforzado, primera edición, segunda parte, enero de 1999.

Braja M. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, traducido, publicado en inglés por Brooks Cole 1999, impreso en México.

Apuntes de clase de la Especialidad de Hormigón Armado y Acero.

Información de Internet:

FORPRENOR, Forjados y Prefabricados del Norte, S.L. www.forprenor.es desde 2006.

Prefabricación de Puentes. Hugo Corres Peiretti. www.fhecor.es.

TRIADA Principales Proyectos, 1990 – 1993.

Fotos de pasos deprimidos antiguos, pasos deprimidos modernos, la prefabricación.

Ventajas de la utilización de prefabricados.

Transporte e izado de elementos prefabricados.

Especificaciones Técnicas de elementos prefabricados.

Artículo: Estructuras prefabricadas articuladas para puentes y galerías artificiales. Marta C. Pacoret Rodríguez. Mayo – Junio 2008.

Métodos y sistemas constructivos de puentes de hormigón de reciente utilización en la república Argentina. 2006 – IBRACON.



Universidad de Cuenca

Sistemas Constructivos Prefabricados aplicables a construcción de edificaciones en países en desarrollo. Ing. Joel A. novas Cabrera. 2010.

Túneles en España. Revista del Ministerio de Fomento. Julio – agosto 2009.

Información de la I. Municipalidad de Cuenca (Pasos Deprimidos en la Ciudad).

Especificaciones Generales MOP 001-F 2002. Capítulo 500 Estructuras.

RODRÍGUEZ ORTÍZ, J.M., SERRA GESTA, J. y OTEO MAZO, C.: “Curso aplicado de cimentaciones”, Ed. COAM, Madrid. Cuarta edición: noviembre 1989.

CALAVERA RUIZ, JOSÉ: “Cálculo de estructuras de cimentación”, Ed. Instituto técnico de materiales y construcciones (Intemac), Madrid, 2000.

MUZAS LABAD, FERNANDO. <<Consideraciones sobre la elección de los coeficientes de balasto>>. Revista de Obras Públicas Noviembre 2002. Nº 3427.

DE MECÁNICA: “Módulo de balasto”, <http://www.demecanica.com>.