



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CÍVIL**

TÍTULO:

Análisis Comparativo de Costos entre la Malla Tradicional y la Malla Electrosoldada en lo Relacionado a los Rubros: Losas, Pavimentos y Muros.

AUTOR:

Arosemena Torbay, Xavier Antonio

**Trabajo de Grado previo a la obtención del Título de:
INGENIERO CÍVIL**

TUTOR:

ING. Suarez Rodríguez, Marco

Guayaquil, Ecuador

2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CÍVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Arosemena Torbay, Xavier Antonio** como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

Ing. Suarez Rodríguez Marco

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Stefany Alcívar Bastidas, Mgs.

Guayaquil, a los 24 del mes de marzo del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CÍVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Xavier Antonio Arosemena Torbay**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Análisis Comparativo de Costos entre la Malla Tradicional y la Malla Electrosoldada en lo Relacionado a los Rubros: Losas, Pavimentos y Muros**, previa a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación, de tipo investigativo.

Guayaquil, a los 24 del mes de marzo del año 2016

EL AUTOR

Xavier Antonio Arosemena Torbay



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CÍVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Xavier Antonio Arosemena Torbay**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Análisis Comparativo de Costos entre la Malla Tradicional y la Malla Electrosoldada en lo Relacionado a los Rubros: Losas, Pavimentos y Muros**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 24 del mes de marzo del año 2016

EL AUTOR

Xavier Antonio Arosemena Torbay

AGRADECIMIENTO

**Principalmente a Dios por permitirme alcanzar esta meta en mi vida,
por siempre estar presente y brindarme de todo lo necesario para
lograr mis objetivos.**

**A mis padres y a mis hermanos, por confiar y apoyarme siempre en
todos los aspectos de mi vida desde que nací.**

**A mi Tutor Ing. Marco Suarez Rodríguez por su guía, apoyo, presencia,
dedicación y tiempo brindado hacia mí durante este proceso de
titulación.**

Xavier Antonio Arosemena Torbay

DEDICATORIA

De manera especial a mis padres,

A mi padre, por ser un ejemplo a seguir para mí, por ser un padre muy honesto, responsable y de gran corazón que me sigue transmitiendo sus enseñanzas y principios a lo largo de mi vida.

A mí madre, por estar siempre acompañándome, aconsejándome y apoyándome de manera incondicional siempre que lo necesite, por enseñarme que todo obstáculo se puede vencer sin importa lo difícil que sea.

A mi hermano y a mis dos hermanas, por siempre creer en mí y enseñarme que las cosas más importantes de la vida se las trabaja y cuida sin importar que tan pequeñas sean.

Xavier Antonio Arosemena Torbay

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO # 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 INTRODUCCIÓN	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.5 ALCANCE	6
1.6 METODOLOGÍA	7
CAPÍTULO # 2: MARCO TEÓRICO	9
2.1 GENERALIDADES DE LA MALLA ELECTROSOLDADA	9
2.1.1 DEFINICIÓN Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES	9
2.1.2 USOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	11
2.2 GENERALIDADES DEL ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURAL TRADICIONAL	12
2.2.1 DEFINICIÓN Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES	12
2.2.2 USOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	14
2.3 GENERALIDADES DE LOSAS NERVADAS.....	14
2.3.1 DEFINICIÓN, ANTECEDENTES Y TENDENCIA.....	15
2.3.2 JUSTIFICACIÓN CONSTRUCTIVA	16
2.4 GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO	17
2.4.1 DEFINICIÓN, ANTECEDENTES Y TENDENCIA.....	18
2.4.2 JUSTIFICACIÓN CONSTRUCTIVA	19
2.5 GENERALIDADES DE LOS MUROS DE HORMIGÓN ARMADO	21

2.5.1 DEFINICIÓN, ANTECEDENTES Y TENDENCIA.....	21
2.5.2 JUSTIFICACIÓN CONSTRUCTIVA	23
2.6 GENERALIDADES DE LOS ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU).....	24
2.6.1 DEFINICIÓN Y ORÍGENES	24
2.6.2 COMPONENTES	25
CAPÍTULO # 3: ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE AMBOS SISTEMAS DE MALLAS EN LOSAS NERVADAS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS	26
3.1 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PRIMER CASO	29
3.1.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA	30
3.1.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL	30
3.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SEGUNDO CASO	32
3.2.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA	33
3.2.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL	33
CAPÍTULO # 4: ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE AMBOS SISTEMAS DE MALLAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS	35
4.1 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PRIMER CASO	38
4.1.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA	39
4.1.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL	40
4.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SEGUNDO CASO	41

4.2.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA	42
4.2.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL	43
CAPÍTULO # 5: ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE AMBOS SISTEMAS DE MALLAS EN MUROS DE HORMIGÓN ARMADO SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS	44
5.1 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PRIMER CASO	47
5.1.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA	48
5.1.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL	49
5.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SEGUNDO CASO	50
5.2.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA	50
5.2.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PRESENTACIÓN Y PROPIEDADES DE LAS MALLAS ELECTROSOLDADAS.....	11
TABLA 2: PRESENTACIÓN Y PROPIEDADES DE LAS BARRAS DE ACERO CON RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE 4200 KG/CM2	13
TABLA 3: BENEFICIO/COSTO DEL CASO I DE LOSAS NERVADAS	31
TABLA 4: BENEFICIO/COSTO DEL CASO II DE LOSAS NERVADAS	34
TABLA 5: BENEFICIO/COSTO DEL CASO I DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO	41
TABLA 6: BENEFICIO/COSTO DEL CASO II DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO	43
TABLA 7: BENEFICIO/COSTO DEL CASO I DE MUROS DE HORMIGÓN ARMADO	49
TABLA 8: BENEFICIO/COSTO DEL CASO II DE MUROS DE HORMIGÓN ARMADO	51
TABLA 9: VARIACIONES PORCENTUALES DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACION DE LOS SISTEMAS DE REFUERZO DE MALLAS	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1: PROYECTOS HABITACIONALES DESARROLLADOS EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS	3
FIGURA 2: EMPRESAS Y SUS RESPECTIVOS PRODUCTOS DE MALLAS ELECTROSOLDADAS.....	4
FIGURA 3: REPRESENTACIÓN EN CORTE DE LOSA NERVADA	16
FIGURA 4: REPRESENTACIÓN EN CORTE DE PAVIMENTO DE H.A.	19
FIGURA 5: REPRESENTACIÓN EN CORTE DE MURO DE H.A.	22
FIGURA 6: PREPARACIÓN DE LOSA NERVADA (VISTA FRONTAL)	27
FIGURA 7: REFORZAMIENTO DE LOSA NERVADA CON MALLA	28
FIGURA 8: COMPACTACIÓN DE TERRENO PARA PAVIMENTO	37
FIGURA 9: REFORZAMIENTO DE PAVIMENTO DE H.A.....	38
FIGURA 10: PREPARACIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN.....	46
FIGURA 11: REFORZAMIENTO DE MURO DE H.A.....	47

RESUMEN (ABSTRACT)

Los análisis de costos y vida útil de reforzar elementos de hormigón armado tales como losas nervadas, pavimentos y muros con mallas electrosoldadas de resistencia a la fluencia aproximada de 5500 kg/cm² o mallas tradicionales hechas a base de varillas de acero de resistencia a la fluencia en el orden de 4200 kg/cm² se realizan con la finalidad de poder determinar las ventajas y desventajas de ambos sistemas de refuerzo, lo que permite definir una relación beneficio/costo y concluir en la opción de refuerzo más conveniente según el caso. El presente trabajo de grado analiza un conjunto de seis casos típicos (con diferentes propiedades) de construcción de losas nervadas, pavimentos y muros en la ciudad de Guayaquil y define, mediante la utilización de análisis de precios unitarios, planos y tablas de cálculos y equivalencias, una relación beneficio/costo de reforzar dichos elementos estructurales con ambos sistemas de refuerzo lo que nos permite comprender la razón detrás del incremento de la utilización de las mallas electrosoldadas hoy en día en el sector de la construcción por parte de los diseñadores y constructores.

Palabras Claves: Mallas Electrosoldadas, Análisis de Precios Unitarios, Losa Nervadas, Pavimentos de Hormigón Armado, Muros de Hormigón Armado, Mallas de Acero Tradicional, Vida Útil.

CAPÍTULO # 1: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.-

El concepto, las teorías y sistemas de construcción de hormigón armado comenzaron a desarrollarse a mediados del siglo XIX, gracias a la participación e investigación principalmente de Joseph Monier, William Wilkinson, Joseph-Louis Lambot, entre otros (Lima, Hernández, Bissio 2010), que permitieron concluir y definir el comportamiento de la combinación del hormigón, resistente a los esfuerzos de compresión, con el acero de refuerzo estructural, resistente a los esfuerzos de tracción. Desde entonces hasta la actualidad se han ido desarrollando nuevas tecnologías para poder realizar proyectos de construcción de una manera más rápida, eficiente, segura y con mejor técnica. Como consecuencia de la necesidad de reforzar los elementos de hormigón con acero por las razones descritas anteriormente, elementos estructurales de gran superficie como losas, pavimentos y muros que pueden trabajar de igual manera en sus dos direcciones principales (longitudinal y transversal) se procedieron a reforzar con varillas en ambos sentidos formando mallas de acero de refuerzo.

Las mallas, tanto la tradicional de fierro como la electrosoldada, son elementos (productos) metálicos altamente usados en el campo de la construcción de obras civiles como por ejemplo en las losas de hormigón, los pavimentos de hormigón, los taludes, paredes y muros. La gran demanda y utilización de estas mallas radica en que generan una serie de ventajas tanto en el aspecto técnico, aumentando la resistencia de dichos elementos, como en el económico, aumentando trabajabilidad y vida útil entre otros, que permite al diseñador y constructor contar con un producto útil, eficiente y más que nada seguro. Hoy en día con el avance de la tecnología se busca aumentar la relación beneficio/costo que se origina del uso de estos tipos de mallas y en consiguiente se requiere un análisis a fondo para poder determinar bajo qué condiciones resulta más beneficioso utilizar un tipo de malla a otro.

1.2 INTRODUCCIÓN.-

La relación beneficio/costo entre ambos tipos de malla, la tradicional y la electrosoldada, tiene numerosos factores que contribuyen a la elección de una u otra para determinado rubro en un proyecto de construcción sean estos: losas nervadas, pavimentos de hormigón armado y muros de hormigón armado.

Dentro de los principales factores que afectan la relación beneficio/costo tanto de la malla tradicional como de la electrosoldada se encuentran la vida útil de los elementos estructurales y los componentes principales de los análisis de precios unitarios (APU): materiales, mano de obra y equipos. De acuerdo a IdealAlambrec BEKAERT (2015), la malla electrosoldada exige menos cantidad de acero debido a que posee una resistencia a la fluencia superior ($f_y > a 5500 \text{ kg/cm}^2$) a las varillas de acero de refuerzo tradicional ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$), sin embargo el costo de esta malla electrosoldada por unidad tiene un valor mayor que la tradicional. El concepto fundamental de un APU consiste en identificar el costo de una actividad por una unidad de medida escogida, y para ello se debe conocer a fondo cada componente del análisis desde el costo de los materiales, equipos y cuadrillas de mano de obra hasta el rendimiento de los mismos considerando costos directos e indirectos.

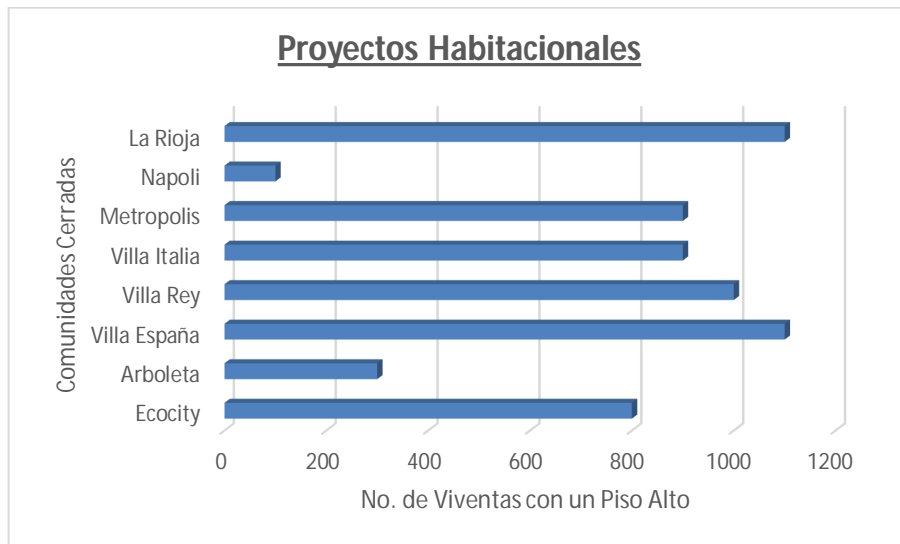
Los APU varían de acuerdo a las condiciones de cada actividad que se desea realizar ya que los costos y los rendimientos de los componentes: mano de obra, equipos y materiales, dependen de las circunstancias es decir son variables y no fijos. No es lo mismo preparar y hormigonar una losa de más de 500 metros cuadrados ubicada en cierta región territorial a realizar lo mismo para una casa sencilla de menos de 150 metros cuadrados en una región completamente diferente, de igual manera en la construcción de carreteras, calles y muros, por lo tanto se requiere de un análisis profundo para la determinación del uso de un tipo de malla sea esta tradicional o electrosoldada sobre la otra.

1.3 JUSTIFICACIÓN.-

Sin duda alguna el sector de la construcción es un recurso casi imprescindible en la economía de un país ya que en este sector no solo se crea trabajo sino que mueve una gran cantidad de recursos como: materiales, equipos, personal, etc. desde el anteproyecto de una obra, su diseño y construcción, hasta su entrega final y posterior mantenimiento. Debido a esta importancia es necesario investigar continuamente y lograr desarrollar nuevas prácticas que innoven los procedimientos y técnicas existentes de manera que se pueda optimizar los recursos disponibles sin perjudicar aspectos como la seguridad de las personas, la economía del proyecto y la técnica a ejecutar.

En la Figura 1 se presentan algunos proyectos habitacionales que se han realizado y se siguen realizando hoy en día en la región costa del Ecuador y que muestran el auge actual de los proyectos de vivienda no solo en dicha región sino también en el Ecuador entero, proyectos en donde se realizan tanto losas como pavimento y en algunas ocasiones muros.

Figura 1: Proyectos Habitacionales en el Guayas.

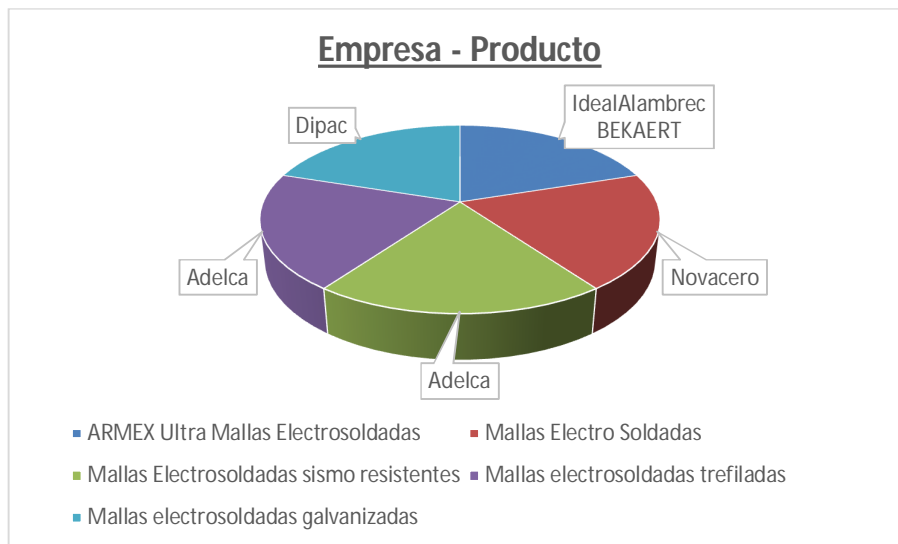


Fuente: Promotoras y Constructoras de los Proyectos.

Debido a que nuestro país es uno que se encuentra en vías de desarrollo, en una zona de elevado riesgo sísmico (debido al choque de las placas oceánicas y continentales) y frecuente inviernos con precipitaciones fuertes, es inevitable pensar que estos tipos de proyectos y otros como construcciones de edificaciones ya sean residenciales, oficinas o bodegas, vías de transporte público y muros de contención se continúan desarrollando en las próximas décadas en toda la extensión territorial del país y precisamente por este motivo se debe determinar mediante investigaciones, ensayos y análisis la forma más práctica, económica y segura de desarrollar cada aspecto de los diferentes tipos de proyectos.

A partir de esta necesidad nace la utilización de la malla electrosoldada en nuestro país y con ella nuevas tecnologías para el armado de elementos estructurales como las losas, los pavimentos y los muros. La Figura 2 muestra algunas de las principales empresas que se involucran hoy en día directamente en la fabricación y suministro de este tipo de mallas y las variaciones sobre estas mallas electrosoldadas que desarrollan para innovar las técnicas usadas en los proyectos de construcción.

Figura 2: Empresas y sus productos de mallas electrosoldadas



Fuente: Novacero, Adelca, IdealAlambrec, Dipac

1.4 OBJETIVOS.-

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.-

El objetivo general de este trabajo de grado es ***“realizar un análisis comparativo de los costos y de la vida útil involucrados entre la utilización de la malla tradicional, hecha a base de varillas de acero con resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm², con la malla electrosoldada fabricada hoy en día con una resistencia a la fluencia superior a los 5500 kg/cm²”***, en lo relacionado a las estructuras tipo losas nervadas, pavimentos de hormigón armado y muros de hormigón armado con la finalidad de poder determinar bajo qué circunstancias y en qué condiciones de un proyecto determinado resulta más conveniente para las personas involucradas ya sea el propietario, el diseñador y/o el constructor utilizar o preferir un tipo de malla sobre la otra.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.-

- a) Investigar la utilización de las mallas electrosoldadas como un elemento que va a generar una mayor relación beneficio/costo para el objetivo final de la construcción de este tipo de rubros.
- b) Investigar las ventajas de construir, con estas mallas, rubros de hormigón con mayor vida útil, lo que implicaría obtener mejores resultados en cuanto a los procesos constructivos de las obras y especialmente en este tipo de actividades.
- c) Comparar los costos de implementación de ambos sistemas de mallas de refuerzo en distintas obras de ingeniería civil realizadas dentro del País en los rubros mencionados.

1.5 ALCANCE.-

El desarrollo de este trabajo es muy importante, ya que se debe analizar primero la necesidad, de parte del Ing. Diseñador y luego la implementación por parte del Ing. de Obra, en lo que concierne a de la utilización de este material en los diferentes rubros de la construcción. El sistema tradicional ofrece ventajas por cuanto el acero está muy disponible y se tiene mucha experiencia en este tipo de mano de obra, pero justamente estas características que contrastan con la utilización del otro tipo de malla, no necesariamente constituyen el principal punto de apoyo para contratantes, diseñadores y contratistas de obra. El análisis comparativo nos ofrecerá lo que justamente necesitan los involucrados en los Proyectos de Ingeniería.

Toda la información para este Trabajo de Grado se obtendrá a partir de investigación que se realizarán a partir de visitas a empresas fabricantes y proveedoras de ambos tipos de mallas y a libros y documentos electrónicos publicados en las últimas décadas. Para poder hacer la comparación de la aplicación de la malla electrosoldada con la malla tradicional se usará la información obtenida mediante un análisis de precio unitario para cada situación analizada y la vida útil tanto en rubros de losas nervadas, pavimento de hormigón armado y muros de hormigón.

1.6 METODOLOGÍA.-

El tema consiste en comparar y escoger la mejor alternativa entre los sistemas indicados, en función de la necesidad de todos los involucrados en el proyecto, partiendo desde el mismo propietario e incluyendo al diseñador y al constructor. Las diferencias entre dichos sistemas de construcción pueden ser de diferente naturaleza, ya sea en costos, tiempo o durabilidad. En este trabajo se plantearán diferentes proyectos de construcción desarrollados típicamente tanto en la ciudad de Guayaquil como en el Ecuador y posteriormente se van a escoger diferentes elementos constructivos que van desde estructurales como losas nervadas hasta pavimentos y muros, y en ellos se indicará su proceso constructivo recalcando el punto comparativo entre los dos tipos de mallas.

Para lograr una comparación real y representativa entre el sistema de malla tradicional y la malla electrosoldada se utilizarán los conceptos de los análisis de precios unitarios (APU) así como una serie de programas electrónicos como Microsoft Excel, Primavera, Microsoft Project, etc. con los cuales se analizarán las situaciones mencionadas con anterioridad para determinar el método más conveniente a utilizar. Este enfoque a seguir radica en que el costo, el tiempo y la durabilidad son variables que dependen de una serie de parámetros y factores como la magnitud, ubicación, extensión e incluso la situación política y socioeconómica que este atravesando el país en el momento de la ejecución del proyecto.

Establecido este antecedente se realizarán algunas simplificaciones con la finalidad de definir una situación de equidad entre los proyectos de construcción planteados. Primero, se tomará para los costos de la mano de obra (peones, operarios, etc.) los salarios mínimos impuestos por la ley Ecuatoriana para el año 2015 (Ministerio del Trabajo, Contraloría General del Estado, Dirección de Auditoría de Proyectos y Ambiental, 2015). Segundo, la ubicación de cada proyecto será dentro de la ciudad de Guayaquil para las edificaciones (losas y muros) y dentro de la provincia del Guayas para los

pavimentos. Por último se analizarán dos proyectos de construcción por cada rubro a comparar, una losa nervada de cierta superficie ubicada en un lugar y bajo unas condiciones determinadas correspondiente ya sea a un edificio o una serie de viviendas populares construidas en serie y una losa nervada de superficie menor ubicada en otro lugar y bajo otras circunstancias determinadas; una carretera con cierto número de carriles y longitud localizada en una región determinada y otra vía de transporte con un número de carriles y longitud ubicada de igual manera en otra región territorial bajo diferentes condiciones sean estas climatológicas, geológicas, etc. y por último dos muros de hormigón armado de diferentes dimensiones tanto superficie como espesor y de diferente función estructural y ubicación.

La diferencia entre las dos mallas planteadas, es que ambas puedan presentar ventajas y desventajas, si consideramos aspectos reales tales como la elaboración manual en sitio de la malla tradicional o la variedad de diámetros y espaciamientos con la facilidad de trabajo y montaje que tienen los productores de la malla electrosoldada. Este tema debe concluir, en el análisis comparativo profundo de costos a través de los presupuestos, de tiempo a través de los cronogramas de obra. Los resultados de ello serán escogidos por los profesionales de la Ingeniería en función de su grado de conveniencia dependiendo de qué aspecto prevalezca.

La finalidad del presente trabajo será demostrar el hecho de que la implementación de la malla electrosoldada en el sector de la construcción si genera una mayor relación beneficio/costo que la malla tradicional hecha a base de barras de acero en lo correspondiente a los rubros de losas nervadas y pavimentos de hormigón armado. Sin embargo, para los muros de hormigón armado continua siendo más práctico emplear varillas corrugadas de acero de refuerzo estructural debido al rendimiento de la mano de obra así como la resistencia a los esfuerzos que requieren los mismos.

CAPÍTULO # 2: MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LA MALLA ELECTROSOLDADA.-

El sistema de refuerzo estructural de mallas electrosoldadas es usado cada vez más en elementos estructurales como losas, pavimentos y muros. Hoy en día un gran número de proyectos de construcción prefieren usar este tipo de sistema de refuerzo debido a la facilidad con la que se puede instalar y la seguridad que se tiene con respecto a la fabricación y calidad de este tipo de malla, sin embargo se debe definir y estudiar correctamente las características de dicho sistema para poder diferenciar claramente este de algún otro y conocer las ventajas y desventajas si existiesen que las mallas electrosoldadas proporcionan.

2.1.1 DEFINICIÓN Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES.

La malla electrosoldada es un producto conformado por barras lisas o corrugadas, laminadas en frío, longitudinales y transversales, que se cruzan en forma cuadrada, estando las mismas soldadas en todas sus intersecciones. Gracias a su mayor resistencia, permite utilizar una menor cantidad de acero y a diferencia de la malla tradicional llega lista para ser instalada en obra. (Díaz, Toledo, Bucangel, Huamanlazo, Lima 2008).

El proceso de fabricación de este tipo de mallas requiere como en todos los casos un control de calidad establecido en normas y reglamentos, La ASTM (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales, debido a sus siglas en inglés ASTM) establece dos normas para la fabricación de las mallas, la primera es la Norma ASTM A185/A 185M-05^a *“Especificaciones para la fabricación de mallas electrosoldadas lisas utilizadas como refuerzo en el concreto”*, la segunda es la Norma ASTM A497/A 497M-05^a *“Especificaciones para la fabricación de mallas electrosoldadas corrugadas utilizadas como refuerzo en el concreto”*. Adicional a estas normas existen otras como la Norma ASTM A82/A 82M-05^a y la Norma ASTM A496/A 496M-05^a que rigen el

alambre de acero sea liso para la primera norma y corrugado para la segunda que será destinado para la fabricación de la malla electrosoldada.

La soldadura de la malla se controla mediante el ensayo de resistencia de la soldadura al corte el cual se encuentra especificada en las normas mencionadas. La resistencia mínima en Newton que deben cumplir las mallas con alambres lisos es de 241 veces el área nominal del alambre en mm y para mallas con alambres gruesos es de 138 veces el área nominal del alambre en mm (Prodac, 2008). Adicional a estas normas internacionales en Ecuador existen otras normas como la NTE INEN 2 209 que a su vez controla la fabricación de este tipo de mallas.

Las propiedades principales de las mallas electrosoldadas son varias pero cabe destacar primero la resistencia a la fluencia que posee, esta resistencia depende del proceso de fabricación y los materiales usados llegando, según IdealAlambrec BEKAERT, a los 6000 kg/cm² como consecuencia el diseñador podrá reforzar los elementos estructurales con una menor cantidad de acero facilitando la trabajabilidad de la construcción. Otra propiedad importante de este sistema de malla es que, dependiendo del elemento estructural a reforzar y la empresa que la fabrique, viene en una presentación determinada que varían de 2.40 metros x 6 metros a 2.40 metros x 3.05 metros lo que facilita su instalación en obra reduciendo el tiempo y el costo de ejecución de los rubros en los que interviene.

Por último otra propiedad importante ligada a las anteriores es que estas mallas electrosoldadas vienen, a no ser de pedido especial, con un diámetro un espaciamiento definido, la tabla # 1 muestra los diámetros y espaciamientos comerciales así como otras propiedades de dichas mallas que ofrece la empresa IdealAlambrec BEKAERT en el Ecuador.

Tabla 1: Presentación y Propiedades de Mallas Electrosoldadas

ARMEX® Ultra					ARMEX® Tradicional					
Tipo	Diámetro (mm)	Separación (cm)	Peso (kg / plancha)	Peso (kg / m ²)	Tipo	Diámetro (mm)	Separación (cm)	Peso (kg / plancha)		
U	110	3,75	10	25,91	1,73	R	126	4	10	29,48
U*	106	4,5	15	25,07	1,67	R	196	5	10	46,06
U	177	4,75	10	41,57	2,77	R	238	5,5	10	55,73
U*	173	5,75	15	40,93	2,73	R	283	6	10	66,32
U	196	5	10	46,06	3,07	R*	385	7	10	90,27
U*	205	6,25	15	48,36	3,22	R*	636	9	10	149,22
U	238	5,5	10	55,73	3,72	R	64	3,5	15	15,17
U*	239	6,75	15	56,41	3,76	R	84	4	15	19,81
U*	335	8	15	79,23	5,28	R	106	4,5	15	25,07
U*	524	10	15	123,80	8,25	R	131	5	15	30,95
U	55	3,75	20	13,16	0,88	R	158	5,5	15	37,45
U	71	4,25	20	16,91	1,13	R	188	6	15	44,57
U	89	4,75	20	21,12	1,41	R	257	7	15	60,66
U	108	5,25	20	25,80	1,72	R	335	8	15	79,23
U	131	5	15	30,95	2,06	R*	424	9	15	100,28
U	158	5,5	15	37,45	2,50	R*	524	10	15	123,80
U	221	7,5	20	52,65	3,51	R	53	4,5	30	12,54
U	284	8,5	20	67,62	4,51					
U*	354	9,5	20	84,47	5,63					
U*	433	10,5	20	103,18	6,88					
U	44	3,75	25	10,62	0,71					

Fuente: IdealAlambrec BEKAERT

2.1.2 USOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

La tendencia del uso de las mallas electrosoldadas en el sector de la construcción ha aumentado de gran manera en las últimas décadas, las mallas se utilizan como refuerzo estructural en una serie de elementos como muros, pavimentos, losas, canchas, cisternas, piscinas, contrapisos, plintos, canales, etc. Esta gran demanda y uso se debe a una serie de ventajas que proporciona el sistema de malla electrosoldada iniciando desde el punto de vista técnico permitiendo aumentar la resistencia y reducir la cantidad de material a emplear, controlando las fisuras y agrietamientos en los procesos de retracción de fraguado y cambios térmicos del hormigón, hasta el punto de vista económico, dependiendo del tipo de obra a realizar.

Sin embargo este tipo de malla presenta ciertas desventajas que radican en la falta de experiencia en obra y en parte en el costo de la fabricación de la

misma, la mallas electrosoldadas deben tener una cierta longitud de desarrollo diferente a las barras de acero de refuerzo estructural y también deben tener un traslape que depende de variables como el diámetro, resistencia y longitud de malla. Estas especificaciones se encuentran en el ACI (Instituto Americano del Hormigón, debido a sus siglas en inglés ACI) y controlan y rigen el comportamiento, utilización y colocación de la malla colocada en sitio.

2.2 GENERALIDADES DEL ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURAL TRADICIONAL.-

El sistema de acero de refuerzo estructural tradicional consiste en reforzar elementos estructurales como vigas, columnas, losas, etc. con barras de acero corrugadas. Para elementos de extensa superficie como losas, pavimentos y muros este refuerzo se coloca en ambos sentidos formando mallas, rectangulares o cuadradas las cuales son amarradas en sus intersecciones mediante alambres. Hoy en día un pequeño número de proyectos de construcción prefieren usar este tipo de sistema de refuerzo debido a la experiencia en obra que se tiene y la seguridad que se tiene con respecto a la fabricación y calidad de las barras de acero, sin embargo se debe definir y estudiar correctamente las características de dicho sistema para poder diferenciar claramente este de algún otro y conocer las ventajas y desventajas si existiesen que el acero de refuerzo tradicional proporciona.

2.2.1 DEFINICIÓN Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES.

Las barras de acero, sean estas lisas o corrugadas, son como su nombre lo indica barras fabricadas a base de la fusión de diferentes cargas metálicas con contenido de hierro, ferroaleaciones y carbono, que tienen la finalidad de reforzar al hormigón para que este pueda soportar los esfuerzos de tensión a los que estará sometido. La principal diferencia entre las barras lisas y corrugadas es que estas últimas tienen en su superficie corrugaciones que

mejoran la adherencia de la barra con el hormigón, de igual manera que en para las mallas electrosoldadas existen ciertas normas que regulan la fabricación y materiales a usar, el ACI hace referencia a la norma ASTM A615M para aceros al carbón, ASTM A706M para aceros de baja aleación, ASTM A995M para aceros inoxidable, entre otras.

Dentro de las propiedades fundamentales de las barras de acero de refuerzo tradicional cabe destacar primero la resistencia a la fluencia que provee siendo esta de aproximadamente 4200 kg/cm² lo que convierte al acero en el compañero ideal del hormigón en las construcciones de hormigón armado. Adicional a esta propiedad existen otras como la flexibilidad que le permite a la barra recuperar su forma original al cesar la fuerza exterior aplicada dentro del rango elástico, la ductilidad que define la capacidad del acero a deformarse en el rango inelástico manteniendo su capacidad a la tracción en un rango amplio antes de llegar a la rotura, la tenacidad que es la conjugación de la ductilidad y la resistencia a la tracción, etc. (NOVACERO).

Tabla 2: Presentación y Propiedades de Barras de Acero

Ø (mm)	Área por cantidad de varillas (cm ²)						Ø doblez** (mm)	Pesos			
	1 u.	2 u.	4 u.	5 u.	8 u.	10 u.		kg/m	kg/6m	kg/9m	kg/12m
8	0.50	1.01	2.01	2.52	4.02	5.03	28	0.395	2.37	3.56	4.74
10	0.79	1.57	3.14	3.93	6.28	7.85	35	0.617	3.70	5.55	7.40
12	1.13	2.26	4.52	5.66	9.05	11.31	42	0.888	5.33	7.99	10.66
14	1.54	3.08	6.16	7.70	12.31	15.39	49	1.208	7.25	10.87	14.50
16	2.01	4.02	8.04	10.05	16.08	20.10	80	1.578	9.47	14.20	18.94
18	2.55	5.09	10.18	12.73	20.36	25.45	90	1.998	11.99	17.98	23.98
20	3.14	6.28	12.56	15.71	25.13	31.41	100	2.466	14.80	22.19	29.59
22	3.80	7.60	15.20	19.01	30.41	38.01	110	2.984	17.90	26.86	35.81
25	4.91	9.82	19.63	24.54	39.26	49.08	175	3.853	23.12	34.68	46.24
28	6.16	12.31	24.63	30.79	49.26	61.57	196	4.834	29.00	43.51	58.01
32	8.04	16.08	32.17	40.21	64.34	80.42	224	6.313	37.88	56.82	75.76

(*) áreas de varillas (cm²) para diseño por metro de ancho de un elemento estructural.

(**) Ø doblez, corresponde al diámetro mínimo interior al cual se debe ensayar una varilla con un ángulo de 180° (según NTE INEN 102)

Fuente: Novacero

2.2.2 USOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

El uso de barras de acero tradicional con una resistencia de aproximadamente 4200 kg/cm² para el refuerzo de elementos estructurales como losas, muros y pavimentos ha disminuido poco a poco debido a la introducción y continuo desarrollo de otros sistemas como el de las mallas electrosoldadas. Sin embargo todavía se presenta una gran demanda y uso de las varillas de acero ya que este sistema origina una serie de ventajas tanto en el punto de vista técnico como en el económico ya sea mediante el conocimiento y/o la práctica que se tiene al cortar, doblar, instalar y trabajar con varillas de acero para formar mallas de armado estructural así como el precio por kg del acero en barras.

Adicionalmente este tipo de sistema de mallas presenta ciertas desventajas que radican principalmente en el costo de instalación de las mismas debido al personal necesario y a los equipos a utilizar lo que a su vez prolonga el tiempo de ejecución de ciertos rubros como aquellos a analizar en este trabajo. En el ACI se encuentran una serie de especificaciones como la longitud de desarrollo, los empalmes, ganchos, etc. que deben cumplir las barras de acero de refuerzo estructural para asegurar el armado adecuado y el comportamiento de los diferentes elementos de construcción.

2.3 GENERALIDADES DE LOSAS NERVADAS.-

Las losas son elementos estructurales planos que tienen como finalidad proveer una superficie que pueda soportar los diferentes tipos de carga a las que estará sometida para darle un tipo de funcionamiento deseado como bodegas, viviendas, hospitales, escuelas, etc. Dependiendo del tipo de losa a utilizar esta se arma con acero de una manera determinada, por su lado las losas nervadas, en una o dos direcciones, son aquellas que se refuerzan con mallas electrosoldadas o mallas tradicionales, el resto como por ejemplo las losas macizas requieren una mayor cantidad de acero y por ende su

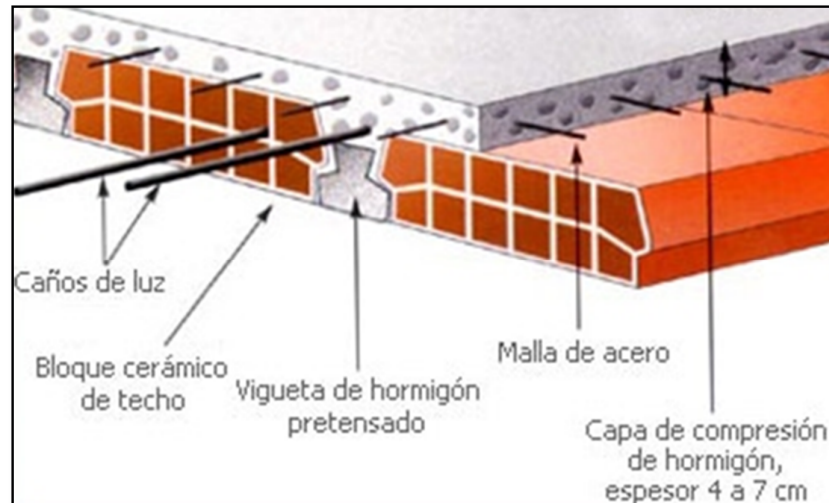
refuerzo estructural es mayor al provisto con un sistema de malla mencionado anteriormente.

2.3.1 DEFINICIÓN, ANTECEDENTES Y TENDENCIA.

La losa nervada, independiente si trabaja en una o dos direcciones, es aquella que está compuesta por una loseta de compresión y una serie de nervios prefabricados de hormigón armado formando una cuadrícula y dejando espacios vacíos que pueden ser llenados con bloques u otro material para facilitar el encofrado de la losa y disminuir el metraje cubico de hormigón a utilizar. Este tipo de losa comenzó a tener mayor acogida por parte de los diseñadores y los constructores en las últimas décadas debido a proporciona una serie de ventajas como rigidizar la estructura, alivianar el peso de la misma, economizar el gasto de materiales, etc. De acuerdo a la ASCE (Sociedad Americana de la Ingeniería Civil, debido a sus siglas en ingles ASCE) en este tipo de losa los esfuerzos de flexión y corte son relativamente bajos debido a la presencia de los nervios o viguetas de hormigón, en consecuencia el armado, es decir el refuerzo de la loseta de compresión, no debe de ser tan grande y su demanda se puede cubrir con la implementación de una malla electrosoldada o malla hecha de varillas de refuerzo tradicional con una cuantía de acero relativamente baja en comparación con los otros tipos de losas.

Hoy en día encontramos una gran cantidad de libros, textos y publicaciones referentes a este tipo de losas, el "*Diseño de estructuras de concreto*" de Nilson y Winter así como el "*Diseño simplificado de concreto reforzado*" de Parker, Harry y Ambrose, James establecen en conjunto con el ACI los procedimientos, normas y limites que se debe tomar en consideración al momento de dimensionar y diseñar las losas nervadas, la figura # 3 ilustra una vista en corte de una losa nervada tipo compuesta por sus principales componentes.

Figura 3: Representación en corte de losa nervada alivianada con bloque



Fuente: Cerámica Roja

2.3.2 JUSTIFICACIÓN CONSTRUCTIVA.

Con justificación constructiva haremos referencia a la razón por la cual se reforzaría una losa nervada con una malla electrosoldada y también con una malla hecha de acero de refuerzo en barras tradicional. Debido a que el hormigón no es bueno soportando los esfuerzos de tensión a los cuales está constantemente sometido es necesario reforzar los elementos de hormigón con algún material resistente a los esfuerzos de tensión, como se ha visto tanto la malla electrosoldada como la tradicional presenta una serie de ventajas y desventajas que originan la pregunta de cuál sistema es el más conveniente a utilizar según el proyecto de construcción y rubro a ejecutar.

Una vez definido el uso que se le dará a la losa y realizado un análisis de cargas según el criterio del diseñador ya sea mediante métodos a mano o programas de cálculo como ETABS o SAP2000 se debe determinar la cantidad de acero con la cual se logra satisfacer la demanda requerida y dependiendo de la resistencia a la fluencia que tenga el material que se

desea utilizar se deberá proveer un cierto número de varillas espaciadas a una cierta distancia.

He aquí donde nace la necesidad de encontrar el sistema más conveniente a utilizar, por su lado la malla electrosoldada se utilizaría ya que presenta las siguientes ventajas y desventajas en comparación con la malla tradicional en lo referente a las losas nervadas:

- a) Mayor rendimiento por parte de la mano de obra en la instalación.
- b) Mayor resistencia a la fluencia (F_y).
- c) Mayor costo de material de malla.
- d) Menor experiencia en obra por parte de los involucrados.
- e) Menor tiempo de ejecución del rubro de losas nervadas.

Por el otro lado la malla tradicional se consideraría emplear ya que presenta las siguientes ventajas y desventajas en comparación con la malla electrosoldada:

- a) Mayor experiencia con la manipulación, corte, traslapes, etc.
- b) Mayor necesidad de equipos y recursos para su implementación.
- c) Menor costo de material de malla.
- d) Menor resistencia a la fluencia (F_y) pero igual una resistencia alta.
- e) Menor rendimiento por parte de la mano de obra en la instalación.

2.4 GENERALIDADES DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO.-

El pavimento en el área de la ingeniería civil es un elemento estructural cuya finalidad consiste en proveer un sistema de transporte y comunicación capaz de soportar las diferentes cargas vehiculares, peatonales e intemperie a los que estará sometido durante su vida útil. El pavimento usualmente está

compuesto por una sub-rasante, definida como el suelo de cimentación usualmente conformada por material granular debidamente perfilado y compactado; una sub-base, a su vez de material granular compactada al 95%-100% de su densidad seca que se apoya sobre dicha sub-rasante cuya finalidad es de mejorar la capacidad portante del suelo; una base, en caso de ser necesaria para continuar mejorando la capacidad del suelo y por último una carpeta de rodadura usualmente de hormigón armado o asfalto dependiendo del uso que tendrá el pavimento.

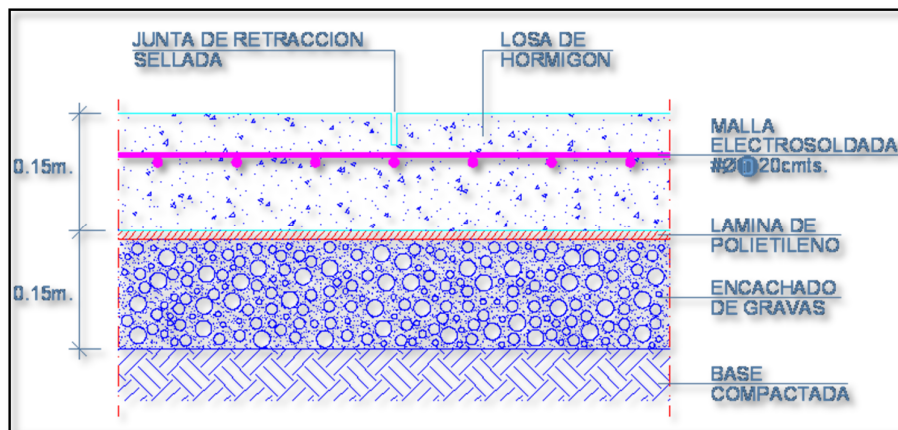
2.4.1 DEFINICIÓN, ANTECEDENTES Y TENDENCIA.

El pavimento como elemento estructural para vías de comunicación se ha utilizado a lo largo de la historia y está compuesto como mencionado por sub-rasante, sub-base, base y capa de rodadura, según documentos históricos y referencias encontradas se cree que la calzada romana fue uno de los primeros sistemas de pavimento desarrollados por el hombre en la época del Imperio Romano, dicha calzada proporciono al Imperio una serie de ventajas militares y económicas que lo catapultaron como uno de los Imperios más poderosos de dicha época, paralelo al desarrollo que tuvieron los romanos otras formas de pavimento se fueron empleando a lo largo de la extensión territorial del mundo por otras civilizaciones como los griegos, aztecas, japoneses, etc. De acuerdo a la AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte, por sus siglas en ingles AASHTO) y a la PCA (Asociación del Cemento Portland, por sus siglas en ingles PCA) los tipos de pavimento más empleados para la construcción de autopistas, carreteras, calles, etc. son los pavimentos de hormigón armado y de asfalto que a su vez pueden ser rígidos o flexibles.

El pavimento de hormigón armado como su nombre lo indica es aquel que es reforzado principalmente con acero y dependiendo del diseño del pavimento se refuerza con malla electrosoldada o mallas formadas a base de barras de acero tradicionales, este tipo de pavimento sigue siendo

utilizado al igual que el de asfalto debido a ciertos factores técnicos y económicos que le proporcionan ventajas dependiendo del proyecto a realizar, cabe recalcar que en este y en otros tipos de pavimento es necesario dejar juntas transversales y longitudinales así como pasadores y barras de amarres en caso de ser necesario para cumplir con las normas mencionadas en AASHTO y/o PCA y asegurar el comportamiento adecuado del mismo. La figura 4 muestra una representación en corte del esquema de un pavimento de hormigón armado.

Figura 4: Representación en corte de pavimento de hormigón armado



Fuente: Detalles Constructivos

2.4.2 JUSTIFICACIÓN CONSTRUCTIVA.

Con justificación constructiva haremos referencia a la razón por la cual se reforzaría un pavimento de hormigón armado con una malla electrosoldada y también con una malla hecha de acero de refuerzo en barras tradicional. Debido a que el hormigón no es bueno soportando los esfuerzos de tensión a los cuales está constantemente sometido es necesario reforzar los elementos de hormigón con algún material resistente a los esfuerzos de tensión, como se ha visto tanto la malla electrosoldada como la tradicional

presenta una serie de ventajas y desventajas que originan la pregunta de cuál sistema es el más conveniente a utilizar según el proyecto de construcción y rubro a ejecutar.

Una vez definido el uso y servicio que prestara el pavimento y realizado un análisis de capacidad de servicio, cargas equivalentes, condiciones climáticas y límites tanto de fatiga como de flujo plástico y tracción indirecta a las que estará expuesto dicho pavimento según el método de diseño empleado como la metodología de la AASHTO o PCA se debe determinar una serie de propiedades dentro de las cuales se encuentra la cantidad de acero con la cual se logra satisfacer la demanda requerida y dependiendo de la resistencia a la fluencia que tenga el material que se desea utilizar se deberá proveer un cierto número de varillas espaciadas a una cierta distancia.

He aquí donde nace la necesidad de encontrar el sistema más conveniente a utilizar, por su lado la malla electrosoldada se utilizaría ya que presenta las siguientes ventajas y desventajas en comparación con la malla tradicional en lo referente a las losas nervadas:

- a) Mayor resistencia a la fluencia (F_y).
- b) Mayor costo de material de malla.
- c) Menor experiencia en obra por parte de los involucrados.

Por el otro lado la malla tradicional se consideraría emplear ya que presenta las siguientes ventajas y desventajas en comparación con la malla electrosoldada:

- a) Mayor experiencia con la manipulación, corte, traslapes, etc.
- b) Mayor necesidad de equipos y recursos para su implementación.
- c) Menor costo de material de malla.
- d) Menor resistencia a la fluencia (F_y) pero igual una resistencia alta.

2.5 GENERALIDADES DE MUROS DE HORMIGÓN ARMADO.-

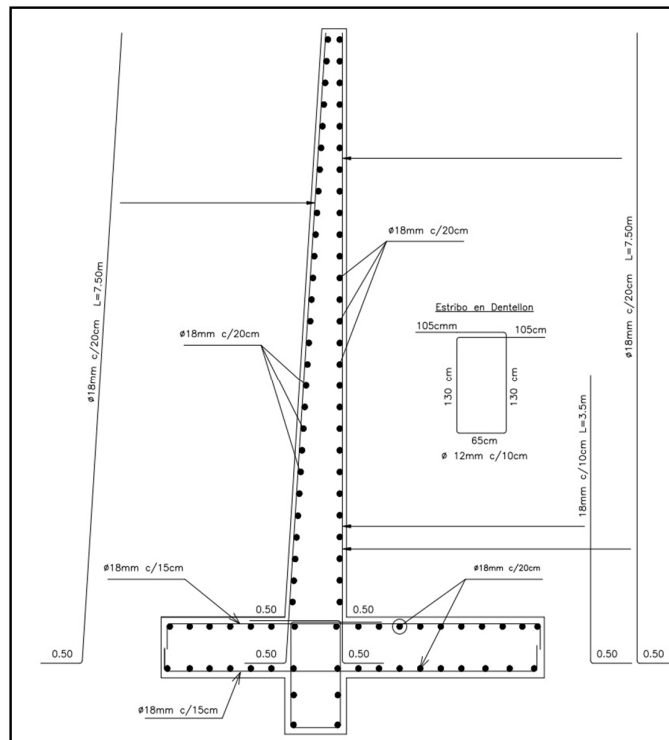
Los muros son elementos estructurales rígidos y continuos de gran altura y longitud que producen, sobre el terreno, un efecto estabilizador ya sea de forma pasiva o activa y en ocasiones tienen la finalidad de transmitir cargas verticales al suelo o cimentación. Existe una gran variedad de tipos de muros como los de gravedad, hormigón armado, gaviones, etc. y dependiendo del tipo de muro a utilizar este se refuerza de una manera determinada con materiales como piedra, acero, tierra, hormigón, entre otros. Por su lado los muros de hormigón armado son aquellos que se refuerzan usualmente con barras de acero de refuerzo tanto longitudinal como transversalmente formando mallas de acero pero en algunas ocasiones se utilizan las mallas electrosoldadas como refuerzo, el resto como por ejemplo los muros de gravedad o de gaviones generalmente no requieren un refuerzo de acero y se los elabora con hormigón simple o piedra según el caso correspondiente.

2.5.1 DEFINICIÓN, ANTECEDENTES Y TENDENCIA.

Los muros de hormigón armado, como su nombre lo indica, son muros fabricados con hormigón y acero de refuerzo estructural que tienen la finalidad de proveer estabilidad y soporte a un terreno natural o artificial o a alguna construcción. Estos muros están generalmente sometidos a esfuerzos de flexión y compresión y para asegurar un funcionamiento adecuado se debe revisar que el muro no falle ni por deslizamiento ni por volteo. Hoy en día existe una serie de programas que facilita el análisis de la estabilidad de los suelos y los muros, la compañía GEO-SLOPE ofrece programas como GeoStudio que tiene un objetivo similar al SAP2000 para estructuras y es de otorgar al usuario un programa que facilite el análisis y estudio de elementos constructivos como muros para poder realizar un dimensionamiento y armado correspondiente al uso que se le dará a dicho muro.

Los vestigios de los primeros muros indican que estos fueron fabricados de materiales como piedra, roca, tierra y luego hormigón ya que todavía no se desarrollaban los conceptos de hormigón armado. En el Ecuador el uso de muros de hormigón armado ha aumentado debido a una serie de factores como el beneficio económico que resulta de hacer este muro en comparación a otros según el tipo de proyecto así como la topografía de algunas regiones del País y los avances tecnológicos que se disponen en la actualidad. La figura # 5 ilustra una vista en corte de un muro de hormigón armado y sus principales componentes.

Figura 5: Representación en corte de muro de hormigón armado



Fuente: Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil

2.5.2 JUSTIFICACIÓN CONSTRUCTIVA.

Con justificación constructiva haremos referencia a la razón por la cual se reforzaría un muro de hormigón armado con una malla electrosoldada y también con una malla hecha de acero de refuerzo en barras tradicional. Debido a que el hormigón no es bueno soportando los esfuerzos de tensión a los cuales está constantemente sometido es necesario reforzar los elementos de hormigón con algún material resistente a los esfuerzos de tensión, como se ha visto tanto la malla electrosoldada como la tradicional presenta una serie de ventajas y desventajas que originan la pregunta de cuál sistema es el más conveniente a utilizar según el proyecto de construcción y rubro a ejecutar.

Una vez definido el uso que se le dará al muro y realizado un análisis de cargas según el criterio del diseñador ya sea mediante métodos a mano o programas de cálculo como GeoStudio se debe determinar la cantidad de acero con la cual se logra satisfacer la demanda requerida y dependiendo de la resistencia a la fluencia que tenga el material que se desea utilizar se deberá proveer un cierto número de varillas espaciadas a una cierta distancia.

He aquí donde nace la necesidad de encontrar el sistema más conveniente a utilizar, por su lado la malla electrosoldada se utilizaría ya que presenta las siguientes ventajas y desventajas en comparación con la malla tradicional en lo referente a los muros de hormigón armado:

- a) Mayor resistencia a la fluencia (F_y).
- b) Mayor costo de material de malla.
- c) Menor experiencia en obra por parte de los involucrados.

Por el otro lado la malla tradicional se consideraría emplear ya que presenta las siguientes ventajas y desventajas en comparación con la malla electrosoldada:

- a) Mayor experiencia con la manipulación, corte, traslapes, etc.
- b) Mayor necesidad de equipos y recursos para su implementación.
- c) Menor costo de material de malla.
- d) Menor resistencia a la fluencia (F_y) pero igual una resistencia alta.

2.6 GENERALIDADES DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU).-

El análisis de precios unitarios (APU) es una herramienta usada comúnmente en el sector de la construcción que proporciona el precio por unidad que tiene una determinada actividad a realizar. Esta herramienta es de gran utilidad ya que permite diferenciar, comparar y analizar los costos de producir, fabricar o desarrollar un rubro determinado, para poder realizar esto existen programas digitales como Microsoft Excel, Primavera, Opus, etc. así como conceptos manuales que permiten a un constructor, diseñador o entendido de la materia con experiencia elaborar un análisis de precio unitario lo más acertadamente posible.

2.6.1 DEFINICIÓN Y ORÍGENES.

Los análisis de precios unitarios, como mencionado con anterioridad, son herramientas utilizadas para poder definir cuánto cuesta realizar una unidad de una actividad determinada como por ejemplo el costo de levantar un metro cuadrado de pared de bloque de arcilla o de realizar un metro cubico de hormigón armado de una resistencia dada. Este concepto ha sido utilizado desde el inicio del desarrollo de la civilización humana ya sea de manera consciente o inconsciente, a lo largo del tiempo en el sector de la

construcción se ha desarrollado más esta herramienta para poder abarcar y considerar todo aquello que interviene y genera costos en el desarrollo de una actividad o rubro establecido.

Para lograr esto se han definido 3 componentes principales que se complementan entre sí para realizar un análisis de precio unitario correcto, la mano de obra, los equipos y los materiales; adicional a estos componentes, que son los que definen el costo directo de la actividad o rubro, se debe conocer una serie de conceptos como el rendimiento y el costo indirecto que intervienen directamente en el análisis del costo del análisis de precio unitario.

2.6.2 COMPONENTES.

Como componentes de los análisis de precios unitarios que definen el costo directo del rubro cabe destacar primero la mano de obra, en este componente se define el costo debido al personal a utilizar para desarrollar una unidad de un rubro determinado como por ejemplo el número de carpinteros oficiales, electricistas, etc. Para poder definir un costo de mano de obra se debe conocer de alguna manera el rendimiento que tiene la cuadrilla de personas empleada, es decir cuántas unidades producen dicha cuadrilla en una unidad de tiempo establecida. El segundo componente de los análisis de precio unitario se trata de los materiales, en este componente se define el costo de los materiales a usar para producir una unidad del rubro en cuestión y para ello se debe conocer la cantidad de material a usar así como el costo unitario de precio de venta de cada material. Por último los equipos, tercer componente de los análisis de precios unitarios, detallan el costo de todos los equipos, menores y mayores, que son necesarios para desarrollar una unidad del rubro y para ello se debe conocer el rendimiento del equipo es decir cuánto puede producir dicho equipo en un intervalo de tiempo definido.

CAPÍTULO # 3: ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE AMBOS SISTEMAS DE MALLAS EN LOSAS NERVADAS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS

El presente estudio radica en determinar en primera instancia el costo que tiene reforzar una losa nervada mediante un sistema de malla estructural y, en segunda instancia, determinar la vida útil que tiene dicho elemento reforzado para así poder definir una relación beneficio/costo que permita tomar decisiones pertinentes. Con la finalidad de realizar este análisis se procede a estudiar dos casos de losas nervadas, el primer hace referencia a una losa nervada de un condominio ubicado en la ciudadela Manglero Vista en el cantón de Samborondón a orillas del Rio Daule y el segundo describe una losa nervada de una vivienda popular ubicada en la ciudadela Ecocity en el Km 14.5 vía Daule.

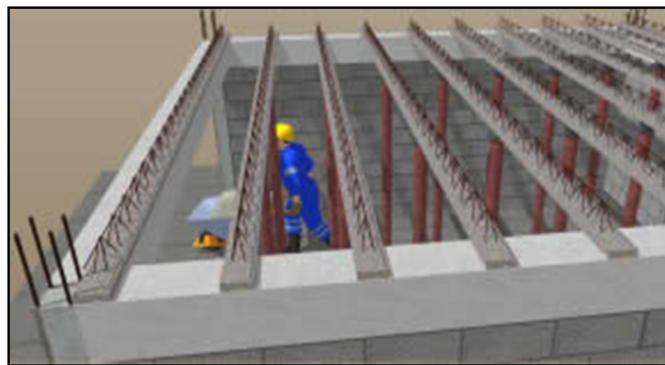
Para la determinación de la **vida útil** se deben considerar una serie de propiedades como la ubicación geográfica y las combinaciones de cargas a las que estará sometida la losa, la resistencia de los materiales empleados en la construcción de la misma, el diseño (dimensionamiento y armado) según el código empleado, el mantenimiento realizado, etc. Así mismo dentro del análisis de **costos** se tiende a reconocer y agrupar todos los recursos a emplear para determinar el costo final que tendrá dicha actividad, dentro del rubro de refuerzo de las losas nervadas se encuentran:

- La compra de materiales como, bloques, nervios prefabricados, malla electrosoldada y/o barras de acero.
- La contratación de un personal de obra calificado (fierros) para la manipulación e instalación de dichos materiales.
- La compra y/o alquiler de equipos mayores y/o menores en caso de ser necesarios para cortes, dobleces u otros trabajos.

El proceso constructivo de las losas nervadas analizadas en los siguientes casos es en principio el mismo y consiste en preparar la losa, en armado de acero de refuerzo y encofrado, para luego verter el hormigón y proporcionar una superficie lo suficientemente resistente para soportar las combinaciones de cargas a las que estará sometida. Para esto, existen varios procedimientos o metodologías, el usado tanto para un caso como el otro consiste fundamentalmente en lo siguiente:

1. Primero se debe armar y colocar el acero de refuerzo estructural de las vigas principales y secundarias en su posición final debidamente apoyadas entre las columnas y soportadas por un sistema de encofrado y apuntalamiento metálico o de madera como por ejemplo plywood y puntales metálicos.
2. Una vez concluida la colocación de las vigas principales y secundarias se procede a ubicar los nervios o viguetas prefabricadas de hormigón en los paños interiores siguiendo el diseño provisto. La figura 6 ilustra una vista en planta de la preparación de una losa nervada en una dirección.

Figura 6: Ilustración de vista frontal de losa nervada

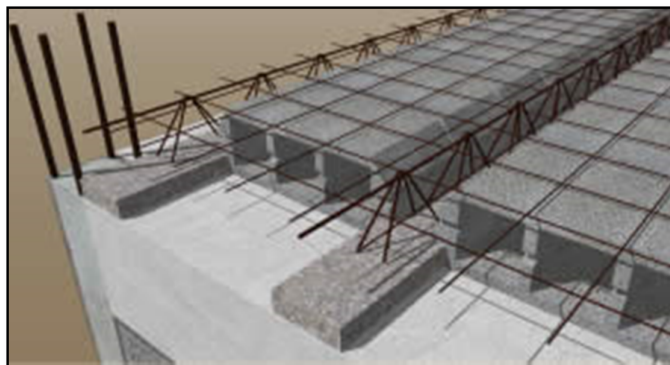


Fuente: Agregados Livianos C.A.

3. Inmediatamente después, dependiendo del diseño, se procede a alivianar las losas mediante la implementación de algún material ligero en comparación con el hormigón como bloques de arcilla o concreto que son colocados en los espacios libres entre nervios con la finalidad, entre otras, de reducir costos y evitar otorgar mayor peso a la estructura lo que tendría consecuencias adversas ya que generaría un mayor cortante basal en el caso de sufrir algún movimiento sísmico.

4. Por último se instala el refuerzo estructural es decir, la malla de acero tradicional o electrosoldada, en la superficie de la losa con el objetivo de proporcionar una resistencia adicional, a la aportada por el concreto, para resistir los esfuerzos de tensión a los cuales estará sometida la loseta de compresión. Acto seguido se vacía el hormigón cumpliendo las especificaciones del diseño como la resistencia a la compresión del concreto, el recubrimiento, los traslapes y empalmes, etc. La figura 7 muestra el producto final del armado de una losa nervada en una dirección alivianada con bloques de concreto lista para el vaciado del hormigón.

Figura 7: Losa nervada preparada para su posterior hormigonado



Fuente: Agregados Livianos C.A.

3.1 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PRIMER CASO.

Este caso posee las siguientes características:

- a) El anexo P1 ilustra una vista en planta de la losa nervada del condominio reforzada con una malla electrosoldada, la misma que contiene una superficie aproximada de 325 metros cuadrados sobre la cual se dividen dos departamentos y un área común.
- b) El anexo P1 a su vez da a conocer el tipo de malla electrosoldada empleada en el refuerzo de la loseta de compresión de la losa nervada la misma que está compuesta por varillas lisas de 5.5 mm de diámetro separadas en ambos sentidos una distancia de 15 cm con una resistencia a la fluencia de 5500 kg/cm².
- c) Para el análisis del refuerzo tradicional se diseña la loseta de compresión con varillas corrugadas de acero de 8 mm de diámetro espaciadas a 20 cm en ambos sentidos formando una malla con una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm² de manera que la resistencia proporcionada sea lo más cercano a aquella del diseño original (Anexo D1).
- d) La losa pertenece al primer piso alto de un condominio habitacional de hormigón armado de 280 kg/cm² ubicado en la ciudadela Manglero Vista en el cantón de Samborondón provincia del Guayas, región costa del Ecuador.

A continuación se realizarán los análisis de costos y vida útil de la losa nervada mencionada tanto para el caso original reforzada con una malla electrosoldada como para el caso teórico reforzada con una malla de barras de acero tradicional.

3.1.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA.

La herramienta más comúnmente utilizada para la determinación de precios tanto en el campo de la construcción de proyectos de ingeniería civil como en otras áreas de desarrollo es la que se conoce como el análisis de precios unitarios o APU. En el anexo APU1 se describen los componentes que intervienen en el análisis de precio unitario para el refuerzo de la losa nervada mencionada y se determina el costo por metro cuadrado que tiene reforzar dicha losa con la malla electrosoldada de diseño, una vez obtenido este costo se procede a calcular el costo total de la losa multiplicando su costo unitario por su área total (incluyendo traslapes de malla).

De manera general cabe recalcar que para este caso al igual que los casos posteriores a analizar los costos de los materiales son tomados a partir de cotizaciones realizadas en el mes de enero del año 2016 en las diferentes empresas, el costo/hora de la mano de obra es tomado en base a las publicaciones de la revista de la Cámara de La Construcción para el año 2015 y la vida útil de la malla electrosoldada y de las barras de acero es consultada a las empresas encargadas de fabricar y administrar al medio dichas mallas y barras y a los ingenieros estructuristas profesionales de la ciudad de Guayaquil. De acuerdo al Ingeniero Estructurista Carlos León la vida útil de los elementos de hormigón armado, sean estos reforzados con malla electrosoldada o tradicional, depende más que nada en el mantenimiento que se le dé al mismo pudiendo variar su periodo de vida útil entre los 50 y 80 años.

3.1.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL.

Para la determinación del costo que se tiene al reforzar la loseta de compresión empleando una malla de acero tradicional se utiliza un análisis de precio unitario distinto al anterior debido a que los componentes varían en

rendimiento, precio y cantidad, comercialmente las varillas de acero se venden por kilogramo a diferencia de la malla electrosoldada que se vende por unidad. El anexo APU2 considera los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo de la losa nervada mencionada y determina el costo por kilogramo que tiene reforzar dicha losa con la malla tradicional teóricamente diseñada.

Para determinar el costo total de reforzar la losa se debe, adicionalmente, calcular el peso total en kilogramo que será empleado en un metro cuadrado de losa para de esta manera multiplicar dicho peso por el precio unitario de la malla tradicional y el área total de la losa (incluyendo los traslapes) de manera que se logre hallar un costo total. Para ello se calcula el volumen de acero y se lo multiplica por su densidad promedio de la siguiente manera: El área de una varilla Φ 8 mm es aproximadamente igual a 0.50 centímetros cuadrados y en un metro cuadrado, con un armado en ambos sentidos y espaciamiento 20 cm., se tiene una longitud total aproximadamente 10 metros, lo que da como resultado un volumen de 0.0005 metros cúbicos que al multiplicarse por la densidad del acero (7 850 kg/m³) da un peso total en el orden de 3.93 kg por metro cuadrado.

La tabla # 3 resume los costos y vida útil que se tiene al reforzar la losa del primer caso con un sistema de malla y con otro, lo que permite definir la mejor opción para reforzar losas de igual o características similares a las del condominio del proyecto habitacional.

Tabla 3: Relación Beneficio / Costo de Sistema de Refuerzo Primer Caso

Losas Nervadas									
Caso #	Rubro	Área	Kg x mt	Cant. (inc.	Und.	P.U.	Costo total	Costo x mt	*Vida Útil
		(mts ²)	cuadrado	traslape)		D	de refuerzo	cuadrado	
		A	B	C = A*B*T			E = C*D	F = E/A	
Primero	Malla Electrosoldada	325	-	364,00	m2	\$ 3,03	\$ 1.104,11	\$ 3,40	50 - 80 años
	Malla Tradicional	325	3,93	1366,66	kg	\$ 1,74	\$ 2.374,91	\$ 7,31	50 - 80 años

*T = % traslape

*Dependiendo del mantenimiento provisto a la estructura (Ing. Carlos Leon)

3.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SEGUNDO CASO.

Este caso posee las siguientes características:

- a) El anexo P2 ilustra:
 - i. Una vista en planta de la losa nervada de la vivienda reforzada con una malla electrosoldada, la misma que contiene una superficie aproximada de 43 metros cuadrados.
 - ii. El tipo de malla electrosoldada empleada en el refuerzo de la loseta de compresión de la losa nervada la misma que está compuesta por varillas lisas de 6 mm de diámetro separadas en ambos sentidos una distancia de 20 cm con una resistencia a la fluencia de 5500 kg/cm².
- b) Para el análisis del refuerzo tradicional se diseña la loseta de compresión con varillas corrugadas de acero de 8 mm de diámetro espaciadas a 25 cm en ambos sentidos formando una malla con una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm² de manera que la resistencia proporcionada sea lo más cercano a aquella del diseño original (Anexo D2).
- c) La losa pertenece al primer piso alto de una vivienda popular de hormigón armado de 210 kg/cm² ubicado en la ciudadela Ecocity en la vía Daule provincia del Guayas, región costa del Ecuador.

A continuación se realizarán los análisis de costos y vida útil de la losa nervada mencionada tanto para el caso original reforzada con una malla electrosoldada como para el caso teórico reforzada con una malla de barras de acero tradicional.

3.2.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA.

El análisis de costo de la malla electrosoldada se determina de igual manera que en el caso anterior en lo relacionado a los costos de los materiales y el costo/hora de la mano de obra sin embargo se presentan algunas diferencias, principalmente en el rendimiento de la mano de obra, costo de algunos materiales y superficie total. El anexo APU3 establece el precio unitario para el refuerzo de la losa nervada mencionada y determina el costo por metro cuadrado que tiene reforzar dicha losa con la malla electrosoldada de diseño. Una vez obtenido el costo por metro cuadrado de reforzar la losa se procede a calcular el costo total de la losa multiplicando su costo unitario por área total (incluyendo los traslapes de la malla).

Por su lado, la determinación de la vida útil de la malla electrosoldada y tradicional se mantiene según lo estipulado en el caso anterior, es consultada tanto a los profesionales estructuristas como a las empresas encargadas de fabricar y administrar al medio dicha malla, teniendo especial consideración en los ensayos a los que se somete y el procedimiento de los mismos para determinar su vida útil.

3.2.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL.

El análisis para la determinación del costo que se tiene al reforzar la loseta de compresión empleando una malla de acero tradicional es similar a la empleada en el caso anterior. El anexo APU4 analiza los componentes que intervienen en el análisis de precio unitario (APU) y determina el costo por kilogramo que tiene reforzar dicha losa con la malla tradicional teóricamente diseñada. De igual manera que en el análisis de precio unitario de la malla electrosoldada los costos de los materiales son tomados a partir de cotizaciones realizadas en el mes de enero del mismo año y el costo/hora de

la mano de obra es tomado en base a las mismas publicaciones de la revista de la cámara de la construcción para el año correspondiente.

Para determinar el costo total de reforzar la losa se debe, adicionalmente, calcular el peso total en kilogramo que será empleado en un metro cuadrado de losa para de esta manera multiplicar dicho peso por el precio unitario de la malla tradicional y el área total de la losa (incluido traslapes de varillas) de manera que se defina un costo total. Para ello se calcula el volumen de acero y se lo multiplica por su densidad promedio de la siguiente manera: El área de una varilla Φ 8 mm es aproximadamente igual a 0.50 centímetros cuadrados y en un metro cuadrado, con un armado en ambos sentidos y espaciamiento 25 cm., se tiene una longitud total aproximadamente 8 metros, lo que da como resultado un volumen de 0.0004 metros cúbicos que al multiplicarse por la densidad del acero (7 850 kg/m³) da un peso total en el orden de 3.14 kg por cada metro cuadrado.

La tabla # 4 resume los costos y vida útil que se tiene al reforzar la losa del primer caso con un sistema de malla y con otro y establece una relación beneficio/costo que permite concluir la mejor opción para reforzar losas de igual o características similares a la de la vivienda popular de una planta alta.

Tabla 4: Relación Beneficio / Costo de Sistema de Refuerzo Segundo Caso

Losas Nervadas									
Caso #	Rubro	Área (mts ²)	Kg x mt cuadrado	Cant. (inc. traslape)	Und.	P.U.	Costo total de refuerzo	Costo x mt cuadrado	*Vida Útil
		A	B	C = A*B*T		D	E = C*D	F = E/A	
Segundo	Malla Electrosoldada	43	-	48,16	m ²	\$ 3,87	\$ 186,54	\$ 4,34	50 - 80 años
	Malla Tradicional	43	3,14	144,47	kg	\$ 1,74	\$ 251,06	\$ 5,84	50 - 80 años

*T = % *traslape*

**Dependiendo del mantenimiento provisto a la estructura (Ing. Carlos Leon)*

CAPÍTULO # 4: ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE AMBOS SISTEMAS DE MALLAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS.-

De manera similar a los casos analizados con anterioridad (losas nervadas), el análisis y estudio comparativo de costos para los rubros de pavimentos de hormigón armado consisten principalmente en calcular el costo que se tiene por reforzar dicho elemento constructivo utilizando un sistema de refuerzo determinado y luego, definir la vida útil que tiene tomando en consideración todos los aspectos necesarios y pertinentes para de esta manera poder determinar un análisis comparativo representativo que se asemeje lo más próximo a la realidad con lo que se logre definir una relación beneficio/costo que permita tomar decisiones aptas. Con el objetivo de realizar este análisis se procede a estudiar dos casos de pavimentos de hormigón armado, ambos hacen referencia a un tramo de carretera ubicada en la vía principal de Mapasingue Este en la ciudad de Guayaquil - Ecuador, pero la diferencia fundamental entre ambos casos es su ubicación geográfica sobre esta vía así como la geometría y diseño vial de los mismos.

La **vida útil** de los sistemas de refuerzo para los pavimentos de hormigón armado obedece los mismos criterios definidos en el análisis de losas nervadas y en sí de elementos de hormigón armado; criterios como el mantenimiento, las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales empleados en su construcción, así como las condiciones geográficas y combinaciones de cargas a las que estará sometido el elemento. He aquí la principal diferencia en comparación a la losas nervadas ya que ambos elementos estructurales prestaran diferentes tipos de servicio y debido a esto cuentan con diferentes diseños.

En el ámbito de **costos** se hace referencia a todas las tareas a ejecutar que requieren del uso de materiales, equipos y mano de obra. La principal diferencia con otros rubros como las losas nervadas es que el rendimiento de la mano de obra, es decir cuánto produce en cantidad en un intervalo de tiempo una cuadrilla de trabajo, varía no es el mismo. Estos componentes alteran según una serie de variables y parámetros y la agrupación de todos ellos nos permite determinar un el costo que tendrá ejecutar una actividad y otra, dentro del rubro de refuerzo de pavimentos de hormigón armado se encuentran principalmente los siguientes componentes:

- La compra de materiales como cascajo, juntas, hormigón, pasadores, malla electrosoldada y/o barras de acero.
- La compra y/o alquiler de equipos mayores y/o menores en caso de ser necesarios para excavaciones, compactaciones, etc.
- La contratación de un personal de obra calificado como fierros y operadores para la manipulación de dichos materiales y equipos.

El proceso constructivo de los pavimentos de hormigón armado en los siguientes casos es en principio el mismo y consiste en preparar el terreno, en relleno compactado y armado de acero de refuerzo, para luego verter el hormigón y proporcionar una superficie lo suficientemente resistente para soportar las combinaciones de cargas a las que estará sometida. Para esto, existen varios procedimientos o metodologías, el usado a lo largo de la vía principal de Mapasingue Este consiste fundamentalmente en lo siguiente:

1. De manera general, en la mayoría de los proyectos de construcción de vías de comunicación, se inician los trabajos de los mismos con un estudio de los estratos de suelo que se encuentran inmediatamente inferiores a la cota del terreno natural hasta una profundidad dada determinada en el diseño.

2. Una vez concluidos los estudios de suelo se toma la decisión, en caso de ser necesario, de mejorar el terreno. Para la mayoría de las construcciones de vías y por ende el caso de la vía Mapasingue Este se decide mejorar el suelo existente con un material importado con la finalidad de mejorar la resistencia del mismo. El mejoramiento del terreno se realiza por capas compactadas tanto en la sub-base como en la base y posteriormente se someten a un ensayo de densidad mediante algún método como por ejemplo el densímetro nuclear que, dependiendo del resultado del proctor empleando (estándar o modificado), revela en porcentaje la densidad del relleno que debe cumplir con las normas de diseño sean estas AASHTO, ASTM, etc.

Figura 8: Compactación de terreno



Fuente: Vásquez Luis Ricardo

3. Inmediatamente después, dependiendo del diseño, se procede a colocar aditivos, sellantes, imprimadores, etc. y una vez terminados estos trabajos se coloca el refuerzo del pavimento que generalmente lleva pasadores en las juntas de construcción y de temperatura así como una malla de refuerzo (tradicional o electrosoldada).

4. Por último se vacía el hormigón cumpliendo las especificaciones del diseño como el espesor y la resistencia. Acto seguido se suele arenar el pavimento y compactarlo con un juego de rodillos vibratorios para de esta manera cubrir cualquier defecto que se pueda presentar en el pavimento de hormigón armado y proporcionar una superficie de rodadura capaz de soportar las combinaciones de cargas y ejes de vehículos para los cuales fue diseñado. La figura 9 muestra el producto final del armado de un pavimento de hormigón armado listo para el vaciado del hormigón.

Figura 9: Pavimento de hormigón armado preparado para su posterior hormigonado



Fuente: Pavimentos DISA S.L.

4.1 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PRIMER CASO.

Este caso posee las siguientes características:

- a) El anexo P3 ilustra una vista en planta del pavimento de hormigón armado con una superficie aproximada de 960 metros cuadrados sobre la cual se dividen 2 carriles reforzado con una malla electrosoldada compuesta por varillas de 8 mm de diámetro separadas en ambos sentidos una distancia de 15 cm con una resistencia a la fluencia de 5500 kg/cm².

- b) Para el análisis del refuerzo tradicional se diseña el pavimento de hormigón armado con varillas corrugadas de acero de 12 mm de diámetro espaciadas a 25 cm en ambos sentidos formando una malla con una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm² de manera que la resistencia proporcionada sea en un orden cercano a aquella del diseño original (Anexo D3).

- c) El pavimento de hormigón armado pertenece a 130 metros lineales del tramo 3 CJ 17^a NO - Manzana # 332 de la vía Mapasingue Este ubicada en la provincia del Guayas, región costa del Ecuador.

A continuación se realizarán los análisis de costos y vida útil del pavimento de hormigón armado mencionado tanto para el caso original reforzada con una malla electrosoldada como para el caso teórico reforzada con una malla de barras de acero tradicional.

4.1.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA.

Al igual que en los casos anteriores, para poder realizar los siguientes análisis tanto de costos o precios como de vida útil se continúa implementando los análisis de precios unitarios (APU) y las consultas bibliográficas a profesionales del medio, empresas productoras y distribuidoras de mallas y barras así como publicaciones en ejemplares digitales considerando los procesos de fabricación, códigos, normas, ensayos, mantenimientos etc. En el anexo APU5 se describen los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo del pavimento de hormigón armado mencionado y se determina el costo por metro cuadrado que tiene reforzar el elemento estructural en cuestión con la malla electrosoldada de diseño.

Por su lado los costos de los materiales son tomados a partir de cotizaciones realizadas en el mes de febrero del año 2016 en las diferentes empresas y el costo/hora de la mano de obra es tomado en base a las publicaciones de la revista de la cámara de la construcción para el año 2015, una vez obtenido el costo por metro cuadrado de reforzar el pavimento se procede a calcular el costo total multiplicando su costo unitario por área total (incluyendo traslapes).

4.1.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL.

El cálculo del costo que tiene reforzar el pavimento de hormigón armado empleando una malla de acero tradicional y la determinación de la vida útil de la misma sigue los mismos criterios utilizados en los casos anteriores de losas nervadas. El anexo APU6 describe los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo del pavimento mencionado y determina el costo por kilogramo que tiene reforzarlo. Una vez obtenido dicho costo unitario se usan los mismos conceptos que en los casos anteriores y se calcula el costo total de refuerzo.

El área de una varilla Φ 12 mm es aproximadamente igual a 1.13 centímetros cuadrados y en 1 metro cuadrado, con un armado en ambos sentidos y espaciamiento 25 cm., se tiene una longitud total aproximadamente 8 metros, lo que da como resultado un volumen de 0.0009 metros cúbicos que al multiplicarse por la densidad del acero (7 850 kg/m³) da un peso total en el orden de 7.07 kg.

Mientras tanto, la vida útil de la malla tradicional empleada se determina mediante consultas bibliográficas de estudios realizados (ASCE, ELSEVIER, ACI, ASTM, etc.), ingenieros civiles estructuristas y empresas nacionales relacionadas con la manipulación de varillas de refuerzo estructural con una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm².

La tabla # 5 ilustra una síntesis de los costos y vida útil que se tiene al reforzar el pavimento de hormigón armado del primer caso con un sistema de malla y con otro y establece una relación beneficio/costo que permite definir la mejor opción para reforzar pavimentos de igual o características similares a las de dicho sector de la vía Mapasingue Este.

Tabla 5: Relación Beneficio / Costo de Sistema de Refuerzo Primer Caso

Pavimentos de Hormigón Armado									
Caso #	Rubro	Área (mts ²)	Kg x mt cuadrado	Cant. (inc. traslape)	Und.	P.U.	Costo Total de Refuerzo	Costo x metro cuadrado	*Vida Útil
		A	B	C = A*B*T		D	E = C*D	F = E/A	
Primero	Malla Electrosoldada	960	-	1075,20	m ²	\$ 5,70	\$ 6.130,48	\$ 6,39	50 - 80 años
	Malla Tradicional	960	7,07	7262,30	kg	\$ 1,67	\$ 12.132,26	\$ 12,64	50 - 80 años

*T = % traslape

*Dependiendo del mantenimiento provisto a la estructura (Ing. Carlos Leon)

4.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SEGUNDO CASO.

Este caso posee las siguientes características:

- a) El anexo P4 ilustra las siguientes propiedades del caso:
 - i. Una vista en planta del pavimento de hormigón armado reforzado con una malla electrosoldada, la misma que contiene una superficie aproximada de 747.50 metros cuadrados sobre la cual se divide un carril transitable y uno de parqueo.
 - ii. El tipo de malla electrosoldada empleada en el refuerzo del pavimento de hormigón armado la misma que está compuesta por varillas de 6 mm de diámetro separadas en ambos sentidos una distancia de 10 cm con una resistencia a la fluencia de 5500 kg/cm².

- b) Para el análisis del refuerzo tradicional se diseña el pavimento de hormigón armado con varillas corrugadas de acero de 10 mm de diámetro espaciadas a 20 cm en ambos sentidos formando una malla con una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm² de manera que la resistencia proporcionada sea de un orden similar a aquella otorgada por el diseño original (Anexo D4).

- c) El pavimento de hormigón armado pertenece al tramo de 165 metros lineales en la calle 14 NO – 6 PJ 36 NO de la vía Mapasingue Este ubicada en la provincia del Guayas, región costa del Ecuador.

A continuación se realizarán los análisis de costos y vida útil de la losa nervada mencionada tanto para el caso original reforzada con una malla electrosoldada como para el caso teórico reforzada con una malla de barras de acero tradicional.

4.2.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA.

Siguiendo con los mismos criterios de análisis y estudios de costo y vida útil, el anexo APU7 describe los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo del pavimento y determina el costo por metro cuadrado que tiene reforzar el elemento estructural en cuestión con la malla electrosoldada de diseño. De igual manera los costos de los materiales son tomados a partir de cotizaciones realizadas en el mes de febrero del año 2016 en las diferentes empresas y el costo/hora de la mano de obra es tomado en base a las publicaciones de la revista de la cámara de la construcción para el año 2015, una vez obtenido el costo por metro cuadrado de reforzar el pavimento se procede a calcular el costo total multiplicando su costo unitario por área total (incluyendo traslapes). Mientras tanto, de acuerdo al Ing. Carlos León la vida útil de estos elementos de hormigón armado varían entre los 50 y 80 años dependiendo del mantenimiento otorgado a la estructura.

4.2.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL.

El presente análisis tanto en el aspecto económico como en durabilidad se determina de manera similar a los casos anteriores de mallas tradicionales, es decir mediante la implementación de análisis de precios unitarios y consultas bibliográficas relacionadas a este tipo de rubros. El anexo APU8 establece los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo del pavimento mencionado y determina el costo por kilogramo que tiene reforzarlo. Una vez obtenido dicho costo unitario se emplean se calcula el costo total de refuerzo.

El área de una varilla Φ 10 mm es aproximadamente igual a 0.79 centímetros cuadrados y en 1 metro cuadrado, con un armado en ambos sentidos y espaciamiento 20 cm., se tiene una longitud total aproximadamente 10 metros, lo que da como resultado un volumen de 0.00079 metros cúbicos que al multiplicarse por la densidad del acero (7 850 kg/m³) da un peso total en el orden de 6.2 kg.

La tabla # 6 ilustra una síntesis de los costos y vida útil que se tiene al reforzar el pavimento de hormigón armado del segundo caso con un sistema de malla y con otro y establece una relación beneficio/costo que permite definir la mejor opción para reforzar pavimentos de igual o características similares a las de dicho sector de la vía Mapasingue Este.

Tabla 6: Relación Beneficio / Costo de Sistema de Refuerzo Segundo Caso

Pavimentos de Hormigón Armado									
Caso #	Rubro	Área	Kg x mt	Cant. (inc.	Und.	P.U.	Costo Total	Costo x metro	*Vida Útil
		(mts ²)	cuadrado	traslape)		D	de Refuerzo	cuadrado	
		A	B	C = A*B*T			E = C*D	F = E/A	
Segundo	Malla Electrosoldada	747,5	-	837,20	m ²	\$ 4,82	\$ 4.035,06	\$ 5,40	50 - 80 años
	Malla Tradicional	747,5	6,2	4958,92	kg	\$ 1,67	\$ 8.284,26	\$ 11,08	50 - 80 años

*T = % *traslape*

**Dependiendo del mantenimiento provisto a la estructura (Ing. Carlos Leon)*

CAPÍTULO # 5: ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE AMBOS SISTEMAS DE MALLAS EN MUROS DE HORMIGÓN ARMADO SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS.-

Siguiendo el esquema de casos anteriores tanto de losas como pavimentos, el análisis y estudio comparativo de costos para el armado de muros de hormigón consisten en calcular el costo que se tiene por reforzar dicho elemento utilizando un sistema de refuerzo determinado y a su vez definir la vida útil que tiene tomando en consideración todos los aspectos necesarios y pertinentes para de esta manera lograr establecer una relación beneficio/costo que permita tomar decisiones aptas. Con el objetivo de realizar este análisis se procede a estudiar dos casos de muros de hormigón armado de contención, ambos hacen referencia a muros ubicados en la vía Daule – Bastión Popular en la provincia del Guayas - Ecuador, pero la diferencia fundamental entre ambos casos es la ubicación geográfica sobre esta vía así como la geometría y armado estructural de los mismos.

Los **costos** se hacen referencia a todas las tareas a ejecutar que requieren del uso de materiales, equipos y mano de obra. Estos componentes alteran según una serie de variables y parámetros y la agrupación de todos ellos nos permite determinar un el costo que tendrá ejecutar una actividad y otra, dentro del rubro de refuerzo de muros de hormigón armado se encuentran principalmente los siguientes:

- La compra y/o alquiler de equipos mayores y/o menores en caso de ser necesarios para excavaciones, ensayos, dobleces, etc.
- La contratación de un personal de obra calificado como fierros y operadores para la manipulación de dichos materiales y equipos.
- La compra de materiales como cascajo, madera, hormigón, malla electrosoldada y/o barras de acero.

Por otro lado, la **vida útil** de los sistemas de refuerzo para los muros de hormigón armado obedece los mismos criterios definidos en el análisis de losas nervadas y en sí de elementos de hormigón armado; para su determinación se consulta a profesionales y empresas del medio relacionadas a la fabricación, utilización y distribución de este tipo de elementos teniendo consideración en los procedimientos y materiales empleados al igual que el mantenimiento proporcionado a la estructura.

El proceso constructivo de los muros de hormigón armado en los siguientes casos (muros de contención) es en principio el mismo y consiste en preparar el terreno mediante trazado, replanteo y excavación, para luego trabajar tanto en la cimentación del muro como en su pantalla o cuerpo encofrando y armando el elemento con acero de refuerzo estructural (considerando las respectivas obras de drenaje como los mechinales), para luego verter el hormigón y proporcionar una superficie lo suficientemente resistente para soportar las combinaciones de cargas de empuje que ocasionaría el desplazamiento y volcamiento del mismo, finalmente se debe rellenar los espacios alrededor del muro por capas compactadas de espesor determinado. Para esto, existen varios procedimientos o metodologías, el usado en estos muros de contención consiste fundamentalmente en lo siguiente:

1. La construcción de los muros de contención generalmente inicia con un estudio de los estratos de suelo a lo largo del terreno sobre el cual se ubicara el muro hasta una profundidad determinada así como del material que contendrá a sus alrededores con la finalidad de poder determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los suelos como por ejemplo la resistencia que aportan dichos estratos y a su vez detectar la presencia de minerales, agua, etc. que pueda afectar el comportamiento del suelo sobre el muro.

2. Una vez concluidos todos los estudios del suelo se toma la decisión sobre el diseño que tendrá (dimensionamiento y armado) el muro de contención de hormigón armado y se realiza la excavación mediante equipos mayores hasta llegar a una profundidad prudente para trabajar de acuerdo al diseño presentado. En caso de ser necesario se debe mejorar el suelo del terreno natural con material importado cumpliendo las especificaciones técnicas del diseño para mejor la resistencia que aporta el mismo. La figura 10 ilustra el proceso inicial de la construcción de un muro de contención de hormigón armado.

Figura 10: Preparación de muro de contención



Fuente: Ing. Constructores Web Note

3. Inmediatamente después, dependiendo del diseño, se procede a encofrar y reforzar, considerando todos los detalles, la cimentación y la pantalla del muro por cuerpos dependiendo de la altura total. En esta etapa se dejan instalados los mechinales en el muro que van espaciados cada cierta distancia y tienen como finalidad drenar el agua que pueda saturar la cuña activa del suelo y una vez terminados estos trabajos se prepara el elemento estructural para ser hormigonado por capas de cuerpos para evitar problemas con la presión del hormigón y el vaciado.

4. Por último se vacía el hormigón cumpliendo las especificaciones del diseño como el espesor y la resistencia. Cabe recalcar que dependiendo de la altura del muro, su pantalla se debe hormigonar en varias capas y no en una sola de manera que se evite cualquier inconveniente debido a la presión del hormigón. Finalmente se debe rellenar y compactar con material importado los espacios libres del lado de la cuña activa y pasiva según el diseño. La figura 11 muestra el producto final del armado de un muro de contención de hormigón armado listo para el vaciado del hormigón.

Figura 11: Muro de hormigón armado



Fuente: Partido de Pergamino

5.1 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PRIMER CASO.

Este caso posee las siguientes características:

- a) El anexo P5 describe una vista en corte del muro de hormigón armado reforzado con un armado de acero de refuerzo estructural con una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm² que contiene varillas corrugadas de diámetros y espaciamientos variados debidamente detalladas en su planilla de acero referenciada en el mismo anexo.

- b) Para el análisis del refuerzo empleado con malla electrosoldada (resistencia a la fluencia igual 5500 kg/cm²) se diseña el muro de hormigón armado con una malla electrosoldada ARMEX R8x15 manera que la resistencia proporcionada sea lo más parecida a la del diseño original (Anexo D5).

- c) El muro de hormigón armado pertenece al tramo ubicado en el Km 12 ½ de la Vía Daule – Bastión Popular en la provincia del Guayas, región costa del Ecuador y tiene una longitud aproximada de 27 metros lineales, donde su sección se mantiene uniforme llegando a tener un área de pantalla de 67.50 metros cuadrados.

A continuación se realizarán los análisis de costos y vida útil del pavimento de hormigón armado mencionado tanto para el caso original reforzada con una malla tradicional como para el caso teórico reforzada con una malla electrosoldada.

5.1.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA.

Al igual que en los casos anteriores, para poder realizar estos análisis se continúa implementando los análisis de precios unitarios para calcular el costo y para determinar la vida útil se realizan consultas bibliográficas a profesionales, empresas y publicaciones en ejemplares digitales considerando los procesos de fabricación, códigos, normas, ensayos, etc. El anexo APU9 hace referencia a los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo del muro de hormigón armado mencionado y determina el costo por metro cuadrado que tiene reforzarlo con la malla electrosoldada teóricamente diseñada. Una vez obtenido este costo se procede a calcular el costo total de reforzar el muro multiplicando su costo unitario por área total de superficie (incluyendo traslapes).

5.1.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL.

El cálculo del costo que tiene reforzar el muro de hormigón armado empleando una malla de acero tradicional y la determinación de la vida útil de la misma sigue lo mismos procedimientos empleados en los casos anteriores con la principal diferencia de que en este caso se cuenta con un armado de barras de acero variable dependiente de la altura del muro. El anexo APU10 establece los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo del muro y determina el costo por kilogramo que tiene reforzarlo. Una vez obtenido dicho costo unitario y calculado el total de kilogramos a emplear en el muro (Anexo D6) de acuerdo al detalle definido en el anexo P5 se calcula el costo total de refuerzo. Por su lado la vida útil que tendría dicho muro de hormigón armado es definida mediante las consultas bibliográficas, de acuerdo al Ing. Carlos León la vida útil de los elementos de hormigón armado varía entre 50 y 80 años según el mantenimiento recibido mientras la estructura se encuentre prestando servicio.

La tabla # 7 ilustra una recapitulación de los costos y vida útil que se tiene al reforzar el muro de hormigón armado del primer caso con un sistema de malla y con otro y establece una relación beneficio/costo que permite definir la mejor opción para reforzar muros de contención de igual o características similares a las de dicho sector de la vía Daule – Bastión Popular.

Tabla 7: Relación Beneficio / Costo de Sistema de Refuerzo Primer Caso

Muros de Hormigon Armado								
Caso #	Rubro	ÁREA	Cant. (inc. traslape)	Und.	P.U.	Costo Total de Refuerzo	Costo x metro cuadrado	*Vida Útil
		A	B		C	D = B*C	E = D/A	
Primero	Malla Electrosoldada	67,5	216	m2	\$ 6,01	\$ 1.299,21	\$ 19,25	50 - 80 años
	Malla Tradicional	67,5	1109,21	kg	\$ 2,05	\$ 2.272,91	\$ 33,67	50 - 80 años

**Dependiendo del mantenimiento provisto a la estructura (Ing. Carlos Leon)*

5.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SEGUNDO CASO.

Este caso posee las siguientes características:

- a) El anexo P6 ilustra una vista en corte del muro de hormigón armado reforzado con un armado de acero de refuerzo estructural ($f_y = 4200$ kg/cm²) que contiene varillas corrugadas de diámetros y espaciamientos variados debidamente detalladas en su planilla de acero referenciada en el mismo anexo.
- b) Para el análisis del refuerzo empleado con malla electrosoldada (f_y superior 5500 kg/cm²) se diseña el muro de hormigón armado con una malla electrosoldada ARMEX R10x15 de manera que la resistencia proporcionada sea lo más parecida a la del diseño original (Anexo D7).
- c) El muro de hormigón armado pertenece al tramo ubicado en el Km 14 de la Vía Daule – Bastión Popular en la provincia del Guayas, región costa del Ecuador y tiene una longitud aproximada de 74 metros lineales, donde su sección se mantiene uniforme.

A continuación se realizaran los análisis de costos y vida útil del pavimento de H.A. tanto para el caso original reforzada con una malla tradicional como para el caso teórico reforzada con una malla electrosoldada.

5.2.1 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA ELECTROSOLDADA.

Al igual que en los casos anteriores, para analizar el precio que tiene reforzar el muro de contención se realiza un APU en donde el costo de los materiales es tomado a partir de cotizaciones realizadas en el mes de febrero del año 2016 y el costo/hora de la mano de obra es tomado en base

a las publicaciones de la revista de la Cámara de la Construcción para el año 2015, así mismo la vida útil es consultada de manera similar a los casos ya analizados. En el anexo APU11 se determina el costo por metro cuadrado que tiene reforzar el muro con la malla electrosoldada teóricamente diseñada mediante los APU. Una vez obtenido dicho costo se procede a calcular el costo total multiplicando su precio unitario por área total.

5.2.2 ANÁLISIS DE COSTO Y VIDA ÚTIL DE MALLA TRADICIONAL.

El cálculo del costo que tiene reforzar el muro de hormigón armado empleando una malla de acero tradicional y la determinación de la vida útil de la misma se determina de manera similar al caso anterior de muro de hormigón armado. El anexo APU12 establece los componentes que intervienen en el APU para el refuerzo del muro y determina el costo por kilogramo que tiene reforzarlo, una vez obtenido el costo unitario se calcula el total de kilogramos a utilizar en el muro (Anexo D8) de acuerdo al detalle del anexo P6 y por último se calcula el costo total de refuerzo multiplicando la cantidad a emplear por su precio unitario.

La tabla # 8 ilustra una recapitulación de los costos y vida útil que se tiene al reforzar el muro de hormigón armado del segundo caso con un sistema de malla y con otro lo que permite definir la mejor opción para reforzar muros de contención de igual o características similares a los muros analizados.

Tabla 8: Relación Beneficio / Costo de Sistema de Refuerzo Segundo Caso

Muros de Hormigon Armado								
Caso #	Rubro	ÁREA	Cant. (inc. traslape)	Und.	P.U.	Costo Total de Refuerzo	Costo x metro cuadrado	*Vida Útil
		A	B		C	D = B*C	E = D/A	
Segundo	Malla Electrosoldada	351,5	1221	m2	\$ 7,22	\$ 8.818,49	\$ 25,09	50 - 80 años
	Malla Tradicional	351,5	9167,84	kg	\$ 2,05	\$ 18.786,01	\$ 53,45	50 - 80 años

**Dependiendo del mantenimiento provisto a la estructura (Ing. Carlos Leon)*

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado los análisis comparativos de los costos y de la vida útil que tienen los elementos de hormigón armado de los casos vistos (losas, pavimentos y muros) reforzados con la malla tradicional, hecha a base de varillas de acero con resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm², y la malla electrosoldada fabricada hoy en día con una resistencia a la fluencia que fluctúa en el orden de los 5500 kg/cm² se logra determinar bajo qué circunstancias y en qué condiciones resulta más conveniente emplear un sistema de refuerzo a otro.

Los resultados de estos análisis nos permiten determinar una relación beneficio/costo sobre los tipos de refuerzo empleados y además definen las ventajas y desventajas de construir empleando la malla electrosoldada y la tradicional en dichos rubros, la tabla # 9 resume los análisis de los 6 casos realizados y demuestra la variación porcentual que existe como diferencia fundamental en el costo total de refuerzo de usar la malla electrosoldada en relación a la malla tradicional.

Tabla 9: Variación Porcentual de Costos de la Implementación de los Sistemas de Refuerzos de Mallas

Resumen de Análisis y Variaciones %										
Rubro	Malla	Und.	Área (mts ²)	Cantidad		Costo total de refuerzo		Variación % C elec/C trad	Tiempo ejec. (días)*	Vida Útil
				A	B	C = A*B				
Losas Nervadas - Manglero Vista	Electrosoldada	m2	325,00	364,00	\$ 3,03	\$ 1.104,11	46%	0,25	50 - 80 años	
	Tradicional	kg		1366,66	\$ 1,74	\$ 2.374,91		1,00		
Losas Nervadas - Ecocity	Electrosoldada	m2	43,00	48,16	\$ 3,87	\$ 186,54	74%	0,10		
	Tradicional	kg		144,47	\$ 1,74	\$ 251,06		0,30		
Pavimento - 3 CJ 17a NO via Mapasingue	Electrosoldada	m2	960,00	1075,20	\$ 5,70	\$ 6.130,48	51%	0,50	50 - 80 años	
	Tradicional	kg		7262,30	\$ 1,67	\$ 12.132,26		2,66		
Pavimento - 6 PJ 36 NO via Mapasingue	Electrosoldada	m2	747,50	837,20	\$ 4,82	\$ 4.035,06	49%	0,33		
	Tradicional	kg		4958,92	\$ 1,67	\$ 8.284,26		1,66		
Muro - Km. 12 1/2 via Duale	Electrosoldada	m2	67,50	216,00	\$ 6,01	\$ 1.299,21	57%	0,66	50 - 80 años	
	Tradicional	kg		1109,21	\$ 2,05	\$ 2.272,91		3,75		
Muro - Km. 14 via Duale	Electrosoldada	m2	351,50	1221,00	\$ 7,22	\$ 8.818,49	47%	0,80		
	Tradicional	kg		9167,84	\$ 2,05	\$ 18.786,01		4,50		

*Dependiendo de la cuadrilla de mano de obra empleada.

Sobre los datos expuestos en esta tabla se pueden concluir los siguientes hechos en lo relacionado a los costos, tiempos de ejecución y vida útil de los elementos estructurales analizados:

- El precio unitario del refuerzo empleando una malla electrosoldada obtenido a través de los análisis de precios unitarios (APU) resulta mayor en comparación a aquel obtenido para el refuerzo de la malla tradicional. Esto radica principalmente en dos aspectos: el costo por material (mayor en mallas electrosoldadas) y el costo por mano de obra (mayor en mallas tradicionales en la mayoría de los casos debido al menor rendimiento).
- Sin embargo, a pesar de que el precio unitario de la malla electrosoldada es mayor que el de la tradicional, el costo total de refuerzo resulta mayor cuando se utiliza la malla tradicional. Esto se debe a que para reforzar un elemento utilizando la malla tradicional (F_y 4200 kg/cm²) se requiere una cantidad considerablemente mayor de acero a la requerida empleando una malla electrosoldada (F_y 5500 kg/cm²). Como se puede apreciar en la tabla, en todos los casos analizados el precio por reforzar el elemento de hormigón armado usando una malla electrosoldada cuesta entre un 45% - 75% de lo que costaría reforzar el mismo elemento con una malla tradicional, esta diferencia tiene a aumentar a medida que el elemento tiene mayor superficie.
- El tiempo de ejecución de reforzar los elementos estructurales depende fundamental de la cantidad de mano de obra empleada, considerando unas cuadrillas similares en ambos sistemas de mallas se puede apreciar que el tiempo de ejecución de los trabajos empleando la malla electrosoldada fluctúa entre un 20% y 40% del tiempo requerido para reforzar el mismo elemento con un sistema de mallas tradicionales.

- En el aspecto de vida útil de los elementos de hormigón armado analizados, se llegó a la conclusión de que independientemente del sistema de refuerzo empleado la mayoría de los elementos puede tener un período de vida útil que varía entre los 50 y 80 años dependiendo del mantenimiento que se le dé al mismo.

Teniendo en cuenta estos resultados y conclusiones resulta conveniente pensar en investigar y desarrollar mallas electrosoldadas que puedan aportar una mayor resistencia a la fluencia sin elevar su costo de producción considerablemente para que su aplicación siga siendo práctica.

Hoy en día, el campo de implementación de las mallas electrosoldadas es más amplio ya que no solo se utilizan estas en losas nervadas y pavimentos sino que también se está comenzando a utilizar las mallas electrosoldadas en paredes, columnas, etc. Debido a esto considero que resulta interesante e importante investigar más a fondo hasta donde se puede llegar en el desarrollo e implementación de este tipo de producto para maximizar las ventajas que estos puedan proporcionar a todos los involucrados en el campo de la ingeniería civil.

Bibliografía

Idealalambrec Bekaert (2013). "*ARMEX Ultra Mallas Electrosoldadas*". Consultada el 2 de octubre del 2015 de: <http://idealalambrec.bekaert.com/es-MX/construccion/reforzamiento-de-hormigon/armex-ultra-mallas-electrosoldadas>

Novacero. "*Malla Electrosoldada*". Consultada el 2 de octubre del 2015 de: <http://www.novacero.com/productos-y-servicios/productos/item/38-malla-electrosoldada.html#usos-y-aplicaciones>

Adelca (2015). "*Productos: Malla trefilada electrosoldada, malla sismo resistente electrosoldada*". Consultada el 4 de octubre del 2015 de: http://www.adelca.com/sitio/esp/productos.php?producto_id=470

LIMA Edgardo, HERNÁNDEZ BALAT Victorio, BISSIO Juan Francisco (Universidad Nacional de La Plata). "*Hormigón armado: Notas sobre su Evolución y la de su Teoría*". Consultada el 12 de octubre del 2015 de: <http://www.ing.unlp.edu.ar/construcciones/hormigon/ejercicios/Sem-ha-1.pdf>

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). "*Pavement Design Guide General Overview*". consultada el 12 de octubre del 2015 de: <http://design.transportation.org/Documents/McConnellPavementDesignGuide.pdf>

Geo-Slope International. "*GeoStudio*". Consultada el 15 de octubre del 2015 de: <http://www.geo-slope.com/>

Portland Cement Association (PCA). "*Concrete Pavement*". Consultada el 15 de octubre del 2015 de: <http://www.cement.org/think-harder-concrete-paving/concrete-pavement>

Portland Cement Association (PCA). "*Concrete Pavements*". Consultada el 15 de octubre del 2015 de: http://www.cement.org/docs/default-source/th-paving-pdfs/concrete/concrete-pavements-pcc-_pca-logo.pdf?sfvrsn=2

OMNIA S.L (Navarra, 2005). "*Malla Electrosoldada*". Consultada el 17 de octubre del 2015 de: <http://www.mallasomnia.com/malla.htm>

NERVACERO (España). "*Malles electrosoldadas*". Consultada el 17 de octubre del 2015 de: <http://www.nervacero.com/Productos.mvc/Corrugados?=MallaYArmaduraElectrosoldada>

VILLARINO Alberto. "*Muros*". Consultada el 20 de octubre del 2015 de: <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%203-%20MUROS.pdf>

GUEVARA ANZULES Manuel (2008). "*Muros de Contención*". Consultada el 20 de octubre del 2015 de: <http://es.slideshare.net/fullscreen/guillermof008/calculo-estructural-de-muros-cimentaciones-columnas-y-vigas/38>

DIAZ RODRIGUEZ Anita, TOLEDO PUMACALLADO Ana, BOCANGEL CHACARA Javier, HUAMANLAZO PASTRANA Marco. (Lima, 2008). "*Mallas Electrosoldadas*". Consultada el 26 de octubre del 2015 de: <http://www.slideshare.net/Elennitah/0-mallas-electrosoldadas>

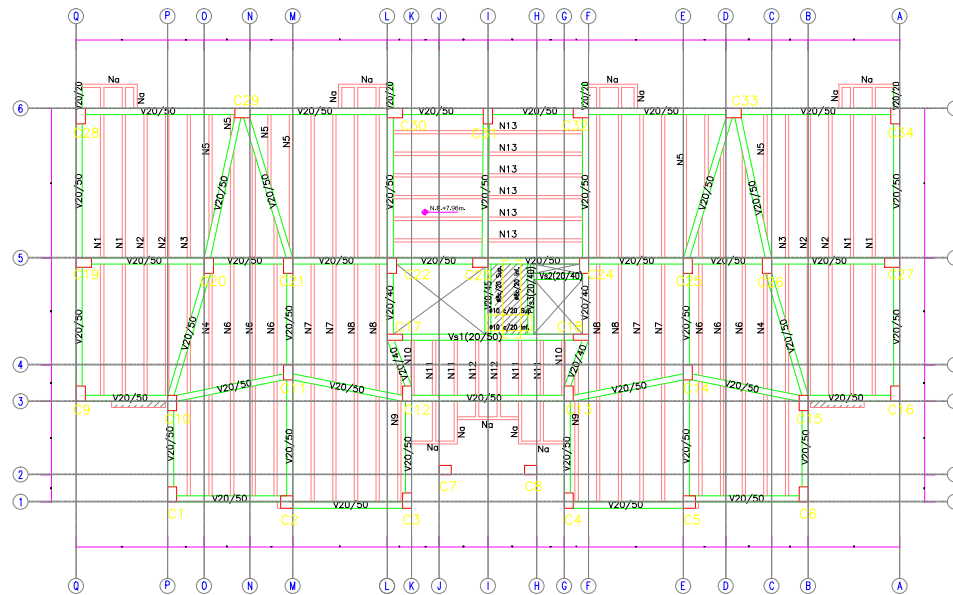
PRODAC (Perú, 2008). "*Manual Técnico Mallas Electrosoldadas*". Consultada el 26 de octubre de: <http://es.scribd.com/doc/24580347/Manual-Mallas-Electrosoldadas#scribd>

LEÓN Carlos (Ecuador, 2016). "Vida Útil de los Elementos de Hormigón Armado de Acuerdo al Acero de Refuerzo Estructural Empleado". Consultado en reunión con el Ing. Carlos León e Ing. Marco Suarez en el mes de enero del 2016

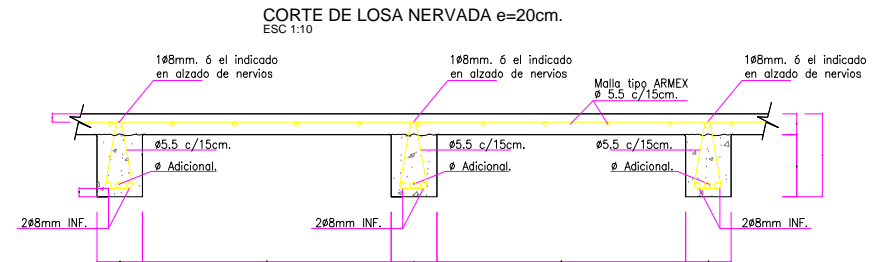
ANEXOS



ELEVACION FRONTAL



PLANTA ALTA 1 N +7.99



Detalles de materiales:

- Resistencia a la compresión del hormigón pre-mezclado $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo en barra $Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la fluencia de malla electrosoldada tipo ARMEK $Fy = 5500 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia de nervios prefabricados de acuerdo a las especificaciones técnicas
- Diseño realizado empleando las disposiciones del código ACI 318-08

PROYECTO: MANGLERO VISTA – CONDOMINIO C 1

CONTIENE: ANEXO P1 – TRABAJO DE GRADO – UCSG

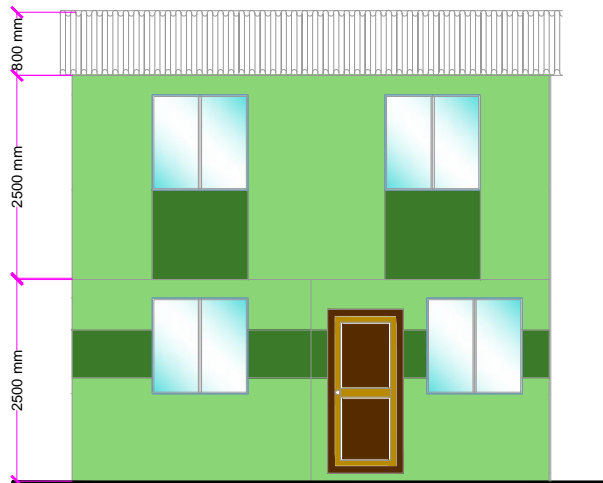
REALIZADO : XAVIER ANTONIO AROSEMENA TORBAY

FECHA: DICIEMBRE /2015

FORMATO: A4

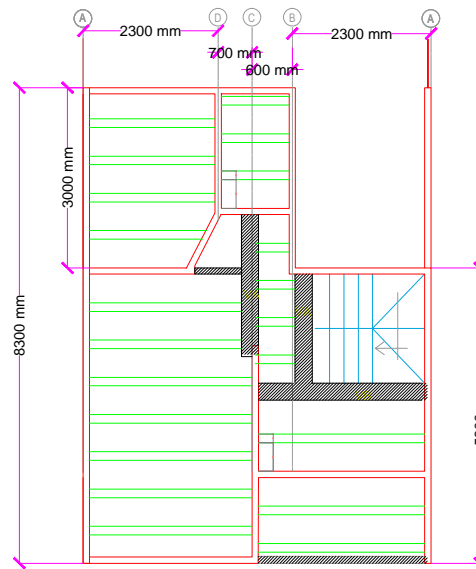
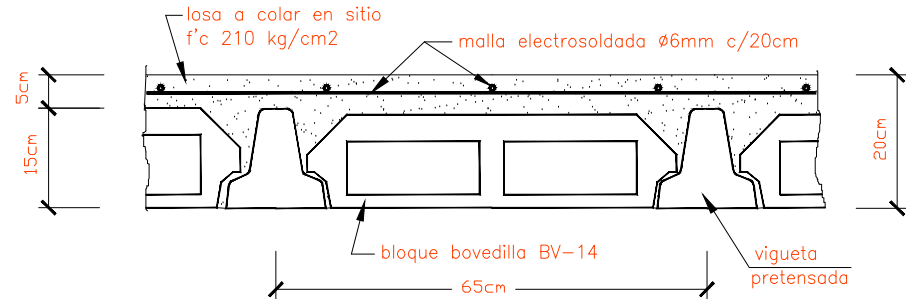
ÁREA: 325 metros cuadrados

ESCALA: S / E



FACHADA PRINCIPAL

SECCION TRANSVERSAL DE LOSA H=0,20
 PESO PROPIO DE VIGUETA 35 Kg/ml



ORQUIDEAS 3 DORM.

PROYECTO: ECOCITY – VILLA ORQUIDEA 3 DORMITORIOS

CONTIENE: ANEXO P2 – TRABAJO DE GRADO – UCSG

REALIZADO : XAVIER ANTONIO AROSEMENA TORBAY

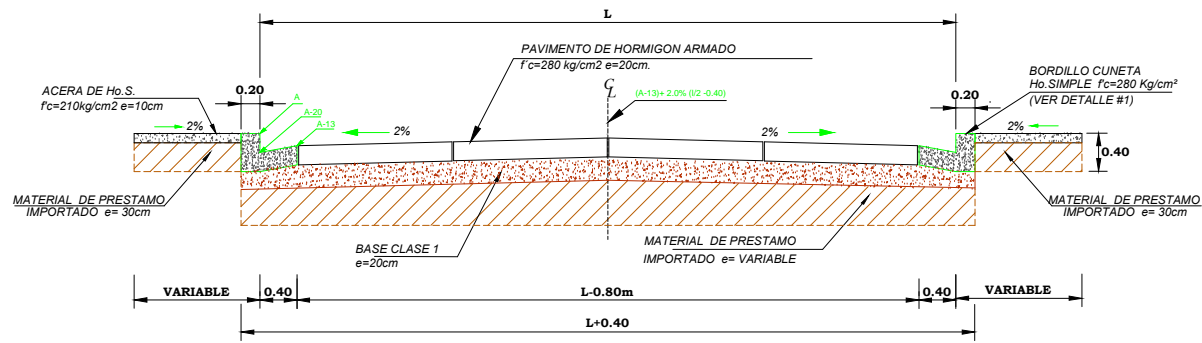
FECHA: DICIEMBRE /2015

FORMATO: A4

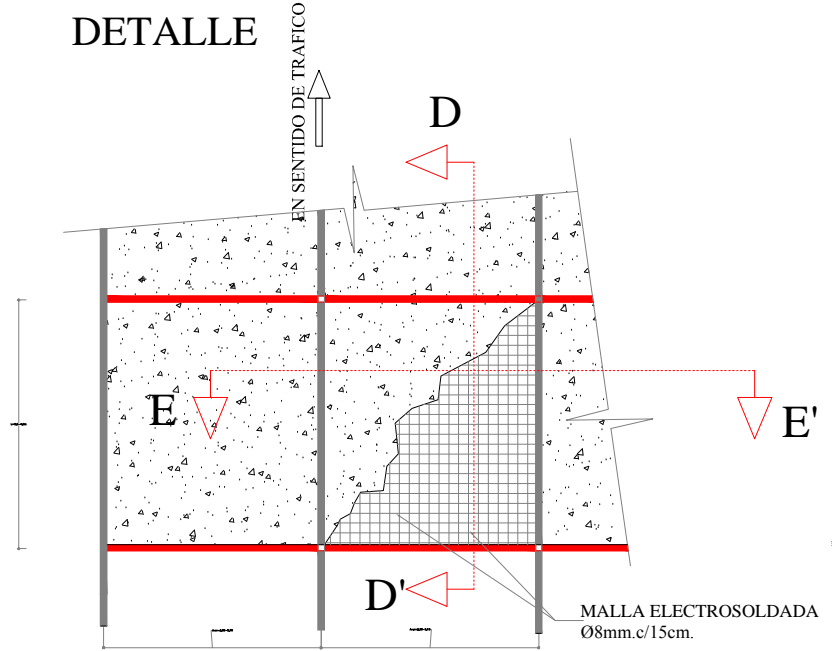
ÁREA: 43 metros cuadrados

ESCALA: S / E

SECCION TIPICA

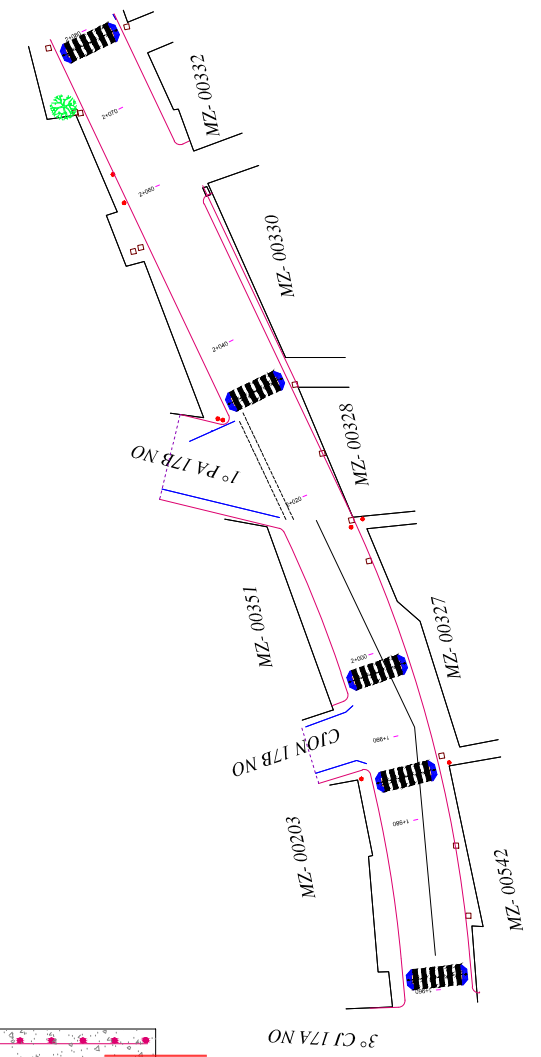
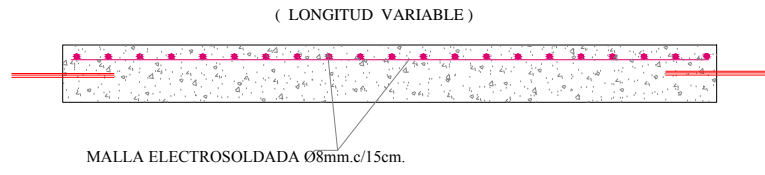


DETALLE



VISTA EN PLANTA

CORTE D - D' y E - E'



PROYECTO: Via Mapasingue Este - 3 CJ 17a NO Mz. # 38

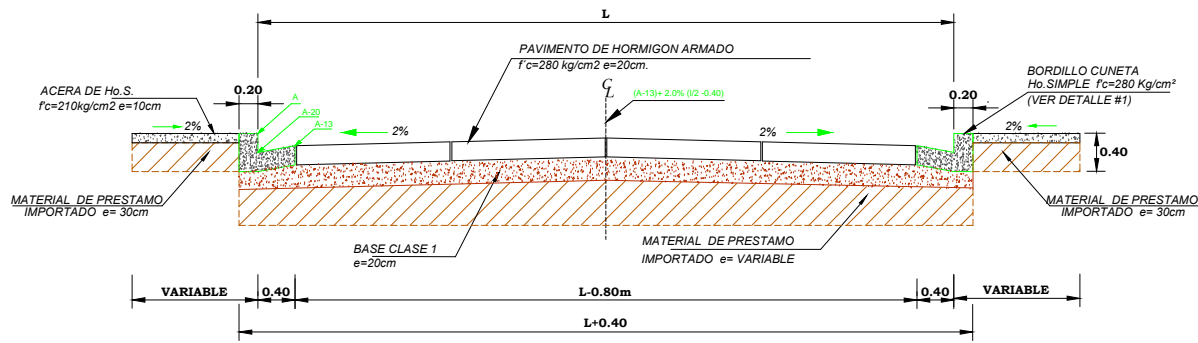
CONTIENE: ANEXO P3 - TRABAJO DE GRADO - UCSG

REALIZADO : XAVIER ANTONIO AROSEMENA TORBAY

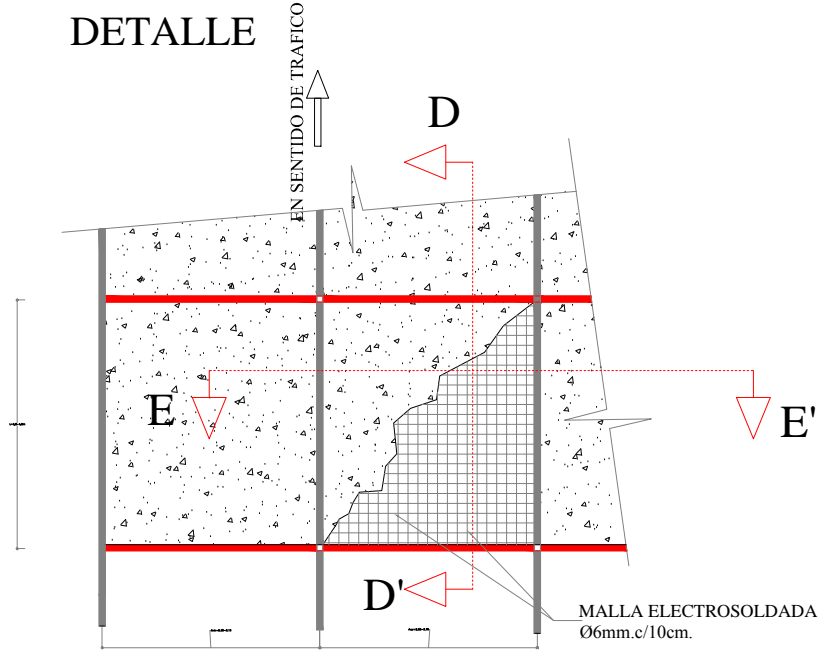
FECHA: DICIEMBRE /2015 FORMATO: A4

ÁREA: 960 metros cuadrados ESCALA: S / E

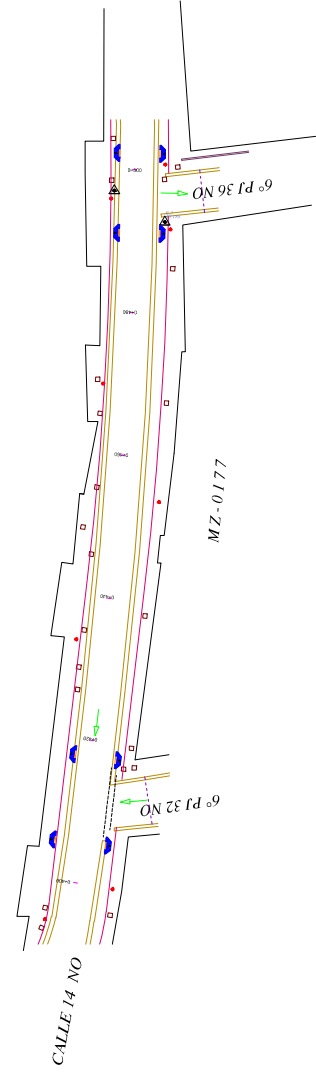
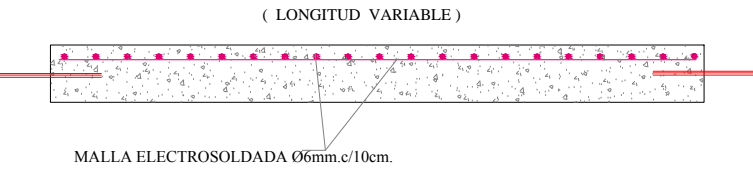
SECCION TIPICA



DETALLE

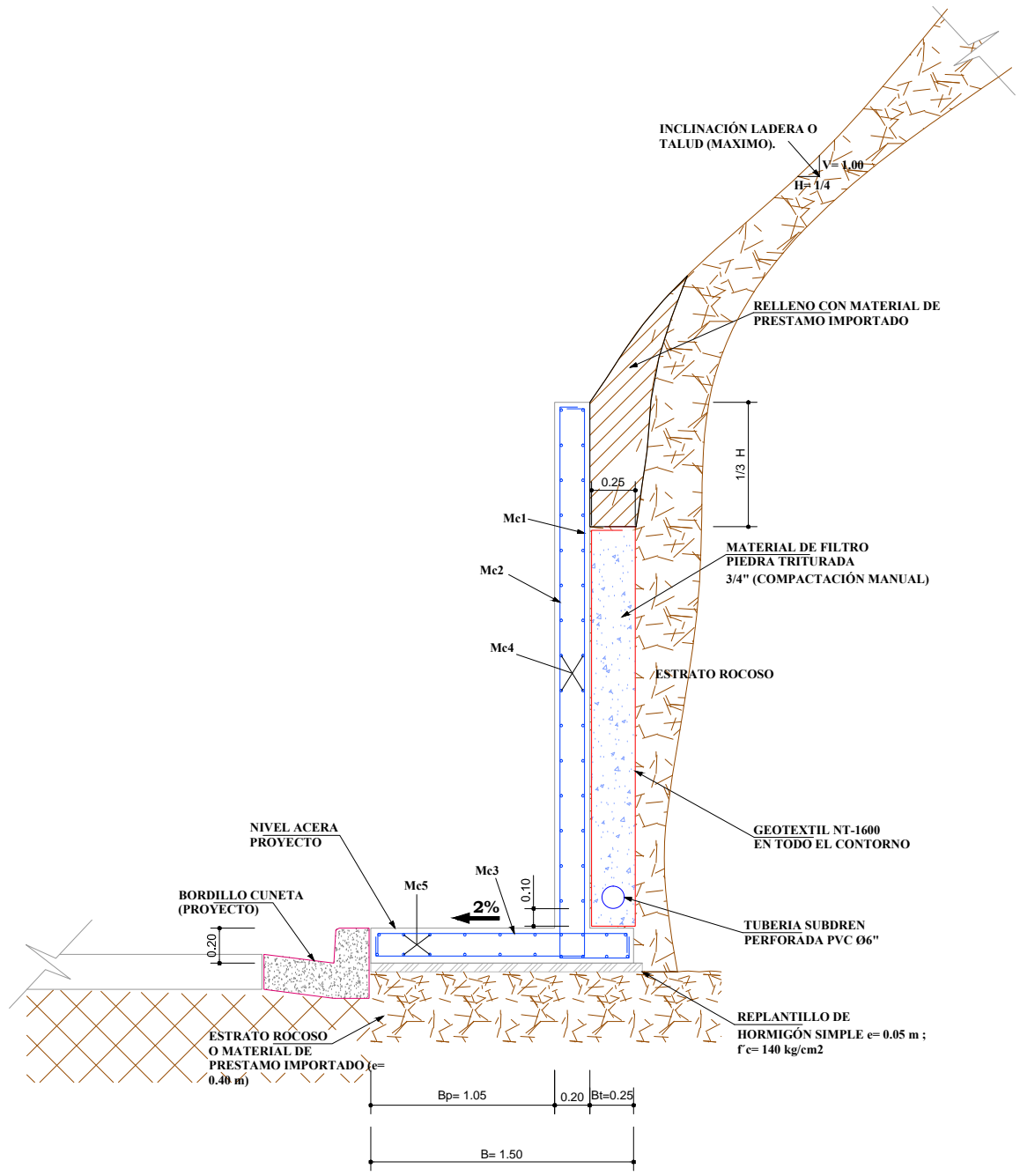


CORTE D - D' y E - E'



VISTA EN PLANTA

PROYECTO:	Via Mapasingue Este - Calle 14 NO PT 36a NO	FECHA:	DICIEMBRE /2015	FORMATO:	A4
CONTIENE:	ANEXO P4 - TRABAJO DE GRADO - UCSG	ÁREA:	747.50 metros cuadrados	ESCALA:	S / E
REALIZADO :	XAVIER ANTONIO AROSEMENA TORBAY				

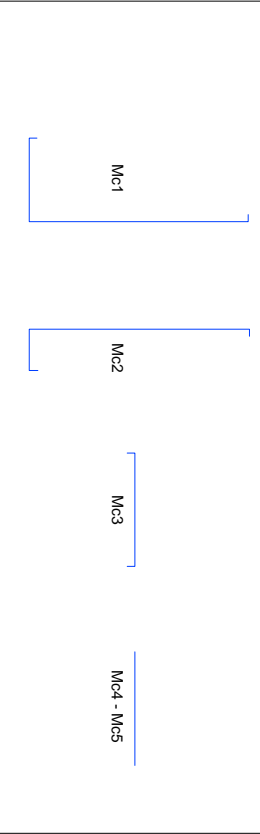


H = 2.50

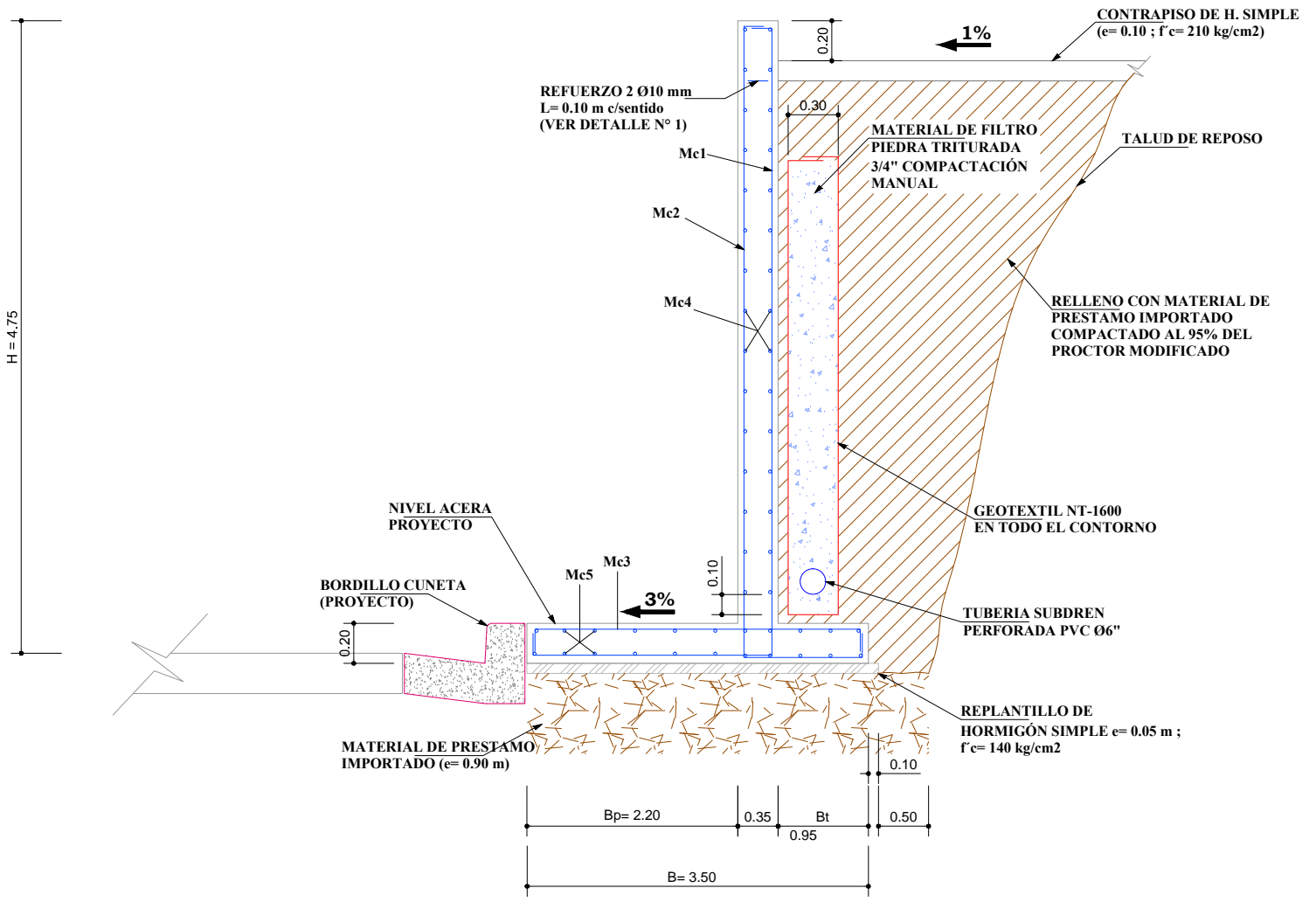
CUADRO N° 1 DIMENSIONES Y PLANILLA DE HIERROS EN MURO DE CIMENTACION

TRAMOS MUROS	DIMENSIONES					MURO VERTICAL - BASE DEL MURO				
	ALTURA VERTICAL		BASE DEL MURO			Mc1	Mc2	Mc3	Mc4	Mc5
ALTIMETRIA	et	dt	Bp	Bt	B	hc	mm	cm	mm	cm
0.00 - 2.50	0.20	-	1.05	0.25	1.50	0.20	10	20	10	20
							8	20	8	20
							8	20	8	20

MARCAS Y TIPO DE DOBLADO



PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN - BASTIÓN POPULAR VÍA DAULE KM 12.5	FECHA: DICIEMBRE /2015	FORMATO: A4
CONTIENE: ANEXO P5 - TRABAJO DE GRADO - UCSG	Longitud: 27 metros	ESCALA: S / E
REALIZADO : XAVIER ANTONIO AROSEMENA TORBAY		

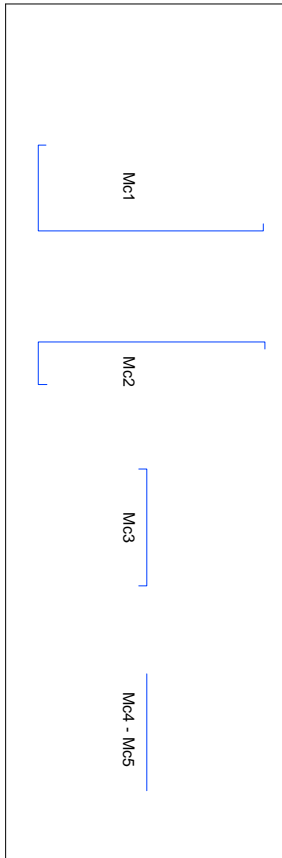


CUADRO N° 1

DIMENSIONES Y PLANILLA DE HIERROS EN MURO DE CIMENTACION

TRAMOS MUROS	DIMENSIONES					MURO VERTICAL - BASE DEL MURO						
	e1	e2	Bp	Bi	B	hc	Ø	S	Ø	S	Ø	S
0.00 - 2.50	m	m	m	m	m	m	mm	cm	mm	cm	mm	cm
	0.20	-	2.20	0.95	3.50	0.20	12	18	12	18	10	20
2.50 - 4.75	m	m	m	m	m	m	mm	cm	mm	cm	mm	cm
	0.20	-	2.20	0.95	3.50	0.20	12	18	12	18	10	20

MARCAS Y TIPOS DE DOBLADO



PROYECTO: MURO DE CONTENCIÓN - BASTIÓN POPULAR VÍA DAULE KM. 14

CONTIENE: ANEXO P6 - TRABAJO DE GRADO - UCSG

REALIZADO : XAVIER ANTONIO AROSEMENA TORBAY

FECHA: DICIEMBRE /2015

FORMATO: A4

Longitud: 74 metros

ESCALA: S / E

Anexo APU1
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Losa Nervada Caso I
DETALLE: Malla Electrosoldada Armex R5.5

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0200	\$ 0,01
Fierrero	1,00	\$ 3,22	\$ 3,22	0,0200	\$ 0,06
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0200	\$ 0,13
SUBTOTAL B					\$ 0,20
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Malla electrosoldada armex 5,5x15	m2	1,05	\$ 2,60	\$ 2,73	
SUBTOTAL C					\$ 2,73
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 3,03

Anexo APU2
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Losa Nervada Caso I
DETALLE: Acero de Refuerzo Estructural

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0250	\$ 0,02
Fierrero	2,00	\$ 3,22	\$ 6,44	0,0250	\$ 0,16
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0250	\$ 0,16
SUBTOTAL B					\$ 0,34
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Acero en barras (Fy= 4200 kg/cm2)	kg	1,05	\$ 1,17	\$ 1,23	
Alambre recocido # 18	kg	0,03	\$ 2,48	\$ 0,07	
SUBTOTAL C					\$ 1,30
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 1,74

Anexo APU3
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Losa Nervada Caso II
DETALLE: Malla Electrosoldada Armex R6

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0200	\$ 0,01
Fierrero	1,00	\$ 3,22	\$ 3,22	0,0200	\$ 0,06
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0200	\$ 0,13
SUBTOTAL B					\$ 0,20
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Malla electrosoldada armex 6x20	m2	1,05	\$ 3,40	\$ 3,57	
SUBTOTAL C					\$ 3,57
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 3,87

Anexo APU4
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Losa Nervada Caso II
DETALLE: Acero de Refuerzo Estructural

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0250	\$ 0,02
Fierrero	2,00	\$ 3,22	\$ 6,44	0,0250	\$ 0,16
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0250	\$ 0,16
SUBTOTAL B					\$ 0,34
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Acero en barras (Fy= 4200 kg/cm2)	kg	1,05	\$ 1,17	\$ 1,23	
Alambre recocido # 18	kg	0,03	\$ 2,48	\$ 0,07	
SUBTOTAL C					\$ 1,30
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 1,74

Anexo APU5
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Pavimento de Hormigón Armado Caso I
DETALLE: Malla Electrosoldada Armex R8

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0150	\$ 0,01
Fierrero	1,00	\$ 3,22	\$ 3,22	0,0150	\$ 0,05
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0150	\$ 0,10
SUBTOTAL B					\$ 0,15
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Malla electrosoldada armex 8x15	m2	1,05	\$ 5,19	\$ 5,45	
SUBTOTAL C					\$ 5,45
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 5,70

Anexo APU6
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Pavimento de Hormigón Armado Caso I
DETALLE: Acero de Refuerzo Estructural

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0200	\$ 0,01
Fierrero	2,00	\$ 3,22	\$ 6,44	0,0200	\$ 0,13
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0200	\$ 0,13
SUBTOTAL B					\$ 0,27
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Acero en barras (Fy= 4200 kg/cm2)	kg	1,05	\$ 1,17	\$ 1,23	
Alambre recocido # 18	kg	0,03	\$ 2,48	\$ 0,07	
SUBTOTAL C					\$ 1,30
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 1,67

Anexo APU7
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Pavimento de Hormigón Armado Caso II
DETALLE: Malla Electrosoldada Armex R6

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0150	\$ 0,01
Fierrero	1,00	\$ 3,22	\$ 3,22	0,0150	\$ 0,05
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0150	\$ 0,10
SUBTOTAL B					\$ 0,15
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Malla electrosoldada armex 6x10	m2	1,05	\$ 4,35	\$ 4,57	
SUBTOTAL C					\$ 4,57
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 4,82

Anexo APU8
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Pavimento de Hormigón Armado Caso II
DETALLE: Acero de Refuerzo Estructural

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0330	\$ 0,10
SUBTOTAL A					\$ 0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0200	\$ 0,01
Fierrero	2,00	\$ 3,22	\$ 6,44	0,0200	\$ 0,13
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0200	\$ 0,13
SUBTOTAL B					\$ 0,27
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Acero en barras (Fy= 4200 kg/cm2)	kg	1,05	\$ 1,17	\$ 1,23	
Alambre recocido # 18	kg	0,03	\$ 2,48	\$ 0,07	
SUBTOTAL C					\$ 1,30
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 1,67

Anexo APU9
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Muro de Hormigón Armado Caso I
DETALLE: Malla Electrosoldada Armex R8

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0500	\$ 0,15
SUBTOTAL A					\$ 0,15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0250	\$ 0,02
Fierrero	2,00	\$ 3,22	\$ 6,44	0,0250	\$ 0,16
Peon	3,00	\$ 3,18	\$ 9,54	0,0250	\$ 0,24
SUBTOTAL B					\$ 0,42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Malla electrosoldada armex 8x15	m2	1,05	\$ 5,19	\$ 5,45	
SUBTOTAL C					\$ 5,45
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 6,01

Anexo APU10
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Muro de Hormigón Armado Caso I
DETALLE: Acero de Refuerzo Estructural

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0500	\$ 0,15
SUBTOTAL A					\$ 0,15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0300	\$ 0,02
Fierrero	4,00	\$ 3,22	\$ 12,88	0,0300	\$ 0,39
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0300	\$ 0,19
SUBTOTAL B					\$ 0,60
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Acero en barras (Fy= 4200 kg/cm2)	kg	1,05	\$ 1,17	\$ 1,23	
Alambre recocido # 18	kg	0,03	\$ 2,48	\$ 0,07	
SUBTOTAL C					\$ 1,30
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 2,05

Anexo APU11
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Muro de Hormigón Armado Caso II
DETALLE: Malla Electrosoldada Armex R10

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0500	\$ 0,15
SUBTOTAL A					\$ 0,15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0250	\$ 0,02
Fierrero	2,00	\$ 3,22	\$ 6,44	0,0250	\$ 0,16
Peon	3,00	\$ 3,18	\$ 9,54	0,0250	\$ 0,24
SUBTOTAL B					\$ 0,42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Malla electrosoldada armex 10x15	m2	1,05	\$ 6,34	\$ 6,66	
SUBTOTAL C					\$ 6,66
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 7,22

Anexo APU12
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Muro de Hormigón Armado Caso II
DETALLE: Acero de Refuerzo Estructural

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Cortadora	1,00	\$ 3,00	\$ 3,00	0,0500	\$ 0,15
SUBTOTAL A					\$ 0,15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Maestro de obra	0,20	\$ 3,17	\$ 0,63	0,0300	\$ 0,02
Fierrero	4,00	\$ 3,22	\$ 12,88	0,0300	\$ 0,39
Peon	2,00	\$ 3,18	\$ 6,36	0,0300	\$ 0,19
SUBTOTAL B					\$ 0,60
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Acero en barras (Fy= 4200 kg/cm2)	kg	1,05	\$ 1,17	\$ 1,23	
Alambre recocido # 18	kg	0,03	\$ 2,48	\$ 0,07	
SUBTOTAL C					\$ 1,30
TOTAL COSTO DIRECTO (A + B + C)					\$ 2,05

Anexo D1

Equivalencia de Acero de Refuerzo (Losas Nervada Caso 1)

Fy barra =	4200 kg/cm ²
Fy malla =	5500 kg/cm ²
f'c =	280 kg/cm ²
d =	3 cm
Diseño Original =	Φ 5,5 mm x 15cm

1.- Calcular el area de acero en un metro de ancho de acuerdo al diseño original.

As = AΦ x N; donde AΦ (área de una varilla) y N (Número de varillas en 1 mt de ancho)

AΦ =	0,24 cm ²
N =	7 unidades
As =	1,66 cm ²

2.- Calcular la cuantía de acero "p" y "w" del diseño original.

p = As / (b x d); donde b (ancho) y d (peralte) ; w = p x Fy malla / f'c

p =	0,0055
w =	0,1089

3.- Calcular la cuantía de acero "p" del diseño teórico.

p = w x f'c / Fy barra

p =	0,0073
-----	--------

4.- Calcular la nueva área de acero requerida en un metro de ancho.

As = p x b x d

As requerida =	2,18 cm ²
----------------	----------------------

Usando Φ8 mm c/20 cm

As provista =	2,50 cm ²	<u>o.k.</u>
---------------	----------------------	--------------------

Anexo D2
Equivalencia de Acero de Refuerzo (Losas Nervada Caso 2)

Fy barra =	4200 kg/cm ²
Fy malla =	5500 kg/cm ²
f'c =	210 kg/cm ²
d =	3 cm
Diseño Original =	Φ 6 mm x 20cm

1.- Calcular el area de acero en un metro de ancho de acuerdo al diseño original.

As = AΦ x N; donde AΦ (área de una varilla) y N (Número de varillas en 1 mt de ancho)

AΦ =	0,28 cm ²
N =	5 unidades
As =	1,41 cm ²

2.- Calcular la cuantía de acero "p" y "w" del diseño original.

p = As / (b x d); donde b (ancho) y d (peralte) ; w = p x Fy malla / f'c

p =	0,0047
w =	0,1234

3.- Calcular la cuantía de acero "p" del diseño teórico.

p = w x f'c / Fy barra

p =	0,0062
------------	--------

4.- Calcular la nueva área de acero requerida en un metro de ancho.

As = p x b x d

As requerida =	1,85 cm ²
-----------------------	----------------------

Usando Φ8 mm c/25 cm

As provista =	2,00 cm ²	<u>o.k.</u>
----------------------	----------------------	--------------------

Anexo D3

Equivalencia de Acero de Refuerzo (Pavimentos H.A. Caso 1)

Fy barra =	4200 kg/cm ²
Fy malla =	5500 kg/cm ²
f'c =	280 kg/cm ²
d =	12 cm
Diseño Original =	Φ 8 mm x 15cm

1.- Calcular el area de acero en un metro de ancho de acuerdo al diseño original.

As = AΦ x N; donde AΦ (área de una varilla) y N (Número de varillas en 1 mt de ancho)

AΦ =	0,50 cm ²
N =	7 unidades
As =	3,52 cm ²

2.- Calcular la cuantía de acero "p" y "w" del diseño original.

p = As / (b x d); donde b (ancho) y d (peralte) ; w = p x Fy malla / f'c

p =	0,0029
w =	0,0576

3.- Calcular la cuantía de acero "p" del diseño teórico.

p = w x f'c / Fy barra

p =	0,0038
------------	--------

4.- Calcular la nueva área de acero requerida en un metro de ancho.

As = p x b x d

As requerida =	4,61 cm ²
-----------------------	----------------------

Usando Φ12 mm c/25 cm

As provista =	4,52 cm ²	<u>o.k. (2% de diferencia)</u>
----------------------	----------------------	---------------------------------------

Anexo D4
Equivalencia de Acero de Refuerzo (Pavimentos H.A. Caso 2)

Fy barra =	4200 kg/cm ²
Fy malla =	5500 kg/cm ²
f'c =	280 kg/cm ²
d =	12 cm
Diseño Original =	Φ 6 mm x 10cm

1.- Calcular el area de acero en un metro de ancho de acuerdo al diseño original.

As = AΦ x N; donde AΦ (área de una varilla) y N (Número de varillas en 1 mt de ancho)

AΦ =	0,28 cm ²
N =	10 unidades
As =	2,83 cm ²

2.- Calcular la cuantía de acero "p" y "w" del diseño original.

p = As / (b x d); donde b (ancho) y d (peralte) ; w = p x Fy malla / f'c

p =	0,0024
w =	0,0463

3.- Calcular la cuantía de acero "p" del diseño teórico.

p = w x f'c / Fy barra

p =	0,0031
------------	--------

4.- Calcular la nueva área de acero requerida en un metro de ancho.

As = p x b x d

As requerida =	3,70 cm ²
-----------------------	----------------------

Usando Φ10 mm c/20 cm

As provista =	3,95 cm ²	<u>o.k.</u>
----------------------	----------------------	--------------------

Anexo D5

Equivalencia de Acero de Refuerzo (Muros H.A. Caso 1)

Fy barra =	4200 kg/cm ²
Fy malla =	5500 kg/cm ²
f'c =	280 kg/cm ²
d =	12 cm
Diseño Original =	Φ 10 mm x 20cm

1.- Calcular el area de acero en un metro de ancho de acuerdo al diseño original.

$A_s = A\Phi \times N$; donde $A\Phi$ (área de una varilla) y N (Número de varillas en 1 mt de ancho)

AΦ =	0,79 cm ²
N =	5 unidades
As =	3,93 cm ²

2.- Calcular la cuantía de acero "p" y "w" del diseño original.

$p = A_s / (b \times d)$; donde b (ancho) y d (peralte) ; $w = p \times F_y \text{ barra} / f'c$

p =	0,0033
w =	0,0491

3.- Calcular la cuantía de acero "p" del diseño teórico.

$p = w \times f'c / F_y \text{ malla}$

p =	0,0025
------------	--------

4.- Calcular la nueva área de acero requerida en un metro de ancho.

$A_s = p \times b \times d$

As requerida =	3,00 cm ²
-----------------------	----------------------

Usando Φ8 mm c/15 cm

As provista =	3,50 cm ²	<u>o.k.</u>
----------------------	----------------------	--------------------

Anexo D6

Kg de Refuerzo Estructural (Muro H.A. Caso 1)

<u>Altura</u>	<u>Marca</u>	<u>Φ (mm)</u>	<u>Cantidad (uni)</u>	<u>Longitud (mts)</u>	<u>Peso (Kg)</u>
0,00 - 2,50 mts	Mc1	10	135	3,40	282,99
	Mc2	10	135	3,10	258,02
	Mc3	8	270	1,60	170,46
	Mc4	8	22	28,00	243,06
	Mc5	8	14	28,00	154,68

<u>Total</u>	<u>1109,21</u>
---------------------	-----------------------

Área de Malla Electrosoldada (Muro H.A. Caso 1)

<u>Descripción</u>	<u>Base (mts)</u>	<u>Altura (mts)</u>	<u>Área (mts²)</u>
Pantalla Vertical Izquierda	27	2,50	67,50
Pantalla Vertical Derecha	27	2,50	67,50
Zapata Horizontal Superior	1,5	27,00	40,50
Zapata Horizontal Inferior	1,5	27,00	40,50

<u>Total</u>	<u>216,00</u>
---------------------	----------------------

Anexo D7

Equivalencia de Acero de Refuerzo (Muros H.A. Caso 2)

Fy barra =	4200 kg/cm ²
Fy malla =	5500 kg/cm ²
f'c =	280 kg/cm ²
d =	12 cm
Diseño Original =	Φ 12 mm x 18cm

1.- Calcular el area de acero en un metro de ancho de acuerdo al diseño original.

$A_s = A\Phi \times N$; donde $A\Phi$ (área de una varilla) y N (Número de varillas en 1 mt de ancho)

AΦ =	1,13 cm ²
N =	6 unidades
As =	6,79 cm ²

2.- Calcular la cuantía de acero "p" y "w" del diseño original.

$p = A_s / (b \times d)$; donde b (ancho) y d (peralte) ; $w = p \times F_y \text{ barra} / f'c$

p =	0,0057
w =	0,0848

3.- Calcular la cuantía de acero "p" del diseño teórico.

$p = w \times f'c / F_y \text{ malla}$

p =	0,0043
------------	--------

4.- Calcular la nueva área de acero requerida en un metro de ancho.

$A_s = p \times b \times d$

As requerida =	5,18 cm ²
-----------------------	----------------------

Usando Φ10 mm c/15 cm

As provista =	5,53 cm ²	<u>o.k.</u>
----------------------	----------------------	--------------------

Anexo D8

Kg de Refuerzo Estructural (Muro H.A. Caso 2)

<u>Altura</u>	<u>Marca</u>	<u>Φ (mm)</u>	<u>Cantidad (uni)</u>	<u>Longitud (mts)</u>	<u>Peso (Kg)</u>
0,00 - 4,75 mts	Mc1	12	412	6,60	2414,14
	Mc2	12	412	6,00	2194,68
	Mc3	10	824	3,60	1828,90
	Mc4	10	24	74,00	1094,97
	Mc5	8	34	74,00	992,77
2,50 - 4,75 mts	Mc4	8	22	74,00	642,38

<u>Total</u>	<u>9167,84</u>
---------------------	-----------------------

Área de Malla Electrosoldada (Muro H.A. Caso 2)

<u>Descripción</u>	<u>Base (mts)</u>	<u>Altura (mts)</u>	<u>Área (mts2)</u>
Pantalla Vertical Izquierda	74	4,75	351,50
Pantalla Vertical Derecha	74	4,75	351,50
Zapata Horizontal Superior	3,5	74,00	259,00
Zapata Horizontal Inferior	3,5	74,00	259,00

<u>Total</u>	<u>1221,00</u>
---------------------	-----------------------



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, AROSEMENA TORBAY XAVIER ANTONIO, con C.C: # 0917985871 autor del trabajo de titulación: **Análisis Comparativo de Costos entre la Malla Tradicional y la Malla Electrosoldada en lo Relacionado a los Rubros: Losas, Pavimentos y Muros** previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 25 de marzo del 2016

f.

Nombre: AROSEMENA TORBAY XAVIER ANTONIO
C.C: 0917985871

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LA MALLA TRADICIONAL Y LA MALLA ELECTROSOLDADA EN LO RELACIONADO A LOS RUBROS: LOSAS, PAVIMENTOS Y MUROS		
AUTOR(ES)	AROSEMENA TORBAY XAVIER ANTONIO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ING. MARCO SUAREZ RODRIGUEZ		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA		
CARRERA:	INGENIERÍA CIVIL		
TITULO OBTENIDO:	INGENIERO CIVIL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	24 DE MARZO DEL 2016	NO. DE PÁGINAS:	82
ÁREAS TEMÁTICAS:	CONSTRUCCIÓN		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	MALLAS ELECTROSOLDADAS, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, LOSA NERVADAS, PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO, MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MALLAS DE ACERO TRADICIONAL, VIDA ÚTIL.		
RESUMEN/ABSTRACT	<p>Los análisis de costos y vida útil de reforzar elementos de hormigón armado tales como losas nervadas, pavimentos y muros con mallas electrosoldadas de resistencia a la fluencia aproximada de 5500 kg/cm² o mallas tradicionales hechas a base de varillas de acero de resistencia a la fluencia en el orden de 4200 kg/cm² se realizan con la finalidad de poder determinar las ventajas y desventajas de ambos sistemas de refuerzo, lo que permite definir una relación beneficio/costo y concluir en la opción de refuerzo más conveniente según el caso. El presente trabajo de grado analiza un conjunto de seis casos típicos (con diferentes propiedades) de construcción de losas nervadas, pavimentos y muros en la ciudad de Guayaquil y define, mediante la utilización de análisis de precios unitarios, planos y tablas de cálculos y equivalencias, una relación beneficio/costo de reforzar dichos elementos estructurales con ambos sistemas de refuerzo lo que nos permite comprender la razón detrás del incremento de la utilización de las mallas electrosoldadas hoy en día en el sector de la construcción por parte de los diseñadores y constructores.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-0995901795	E-mail: xavierantonioarosemena@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: MARCO SUAREZ RODRÍGUEZ		
	Teléfono: +593-4-206951		
	E-mail: marco.suarez@cu.ucsg.edu.ec		

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	