



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

TÍTULO:

**Análisis Comparativo entre Suelo Cemento y Hormigón Pobre, como
Material de Sustento para diferentes tipos de Cimentación Superficial, que
requieren éstas alternativas.**

AUTOR:

Bayancela Espinel, Carlos Francisco

TRABAJO DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Suárez Rodríguez, Marco Vinicio

Guayaquil, Ecuador

2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Carlos Francisco, Bayancela Espinel**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniera Civil**.

TUTOR

ING. MARCO VINICIO SUÁREZ RODRIGUEZ

DIRECTOR DE LA CARRERA

ING. STEFANY ESTHER ALCIVAR BASTIDAS

Guayaquil, a los 15 del mes de Septiembre del año 2016

UNIVERSIDAD CATÓLICA



DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Carlos Francisco Bayancela Espinel**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Análisis Comparativo entre Suelo-Cemento y Hormigón Pobre, como Material de Sustento para diferentes tipos de Cimentación Superficial, que requieren éstas alternativas** previo 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 **científico** referido.

Guayaquil, a los 15 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

CARLOS FRANCISCO BAYANCELA ESPINEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Carlos Francisco Bayancela Espinel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Análisis Comparativo entre Suelo-Cemento y Hormigón Pobre, como Material de Sustento para diferentes tipos de Cimentación Superficial, que requieren éstas alternativas** previo a la obtención del Título **de Ingeniero Civil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

CARLOS FRANCISCO BAYANCELA ESPINEL

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULO CARLOS BAYANCELA.docx (D21636982)
Submitted: 2016-09-07 03:47:00
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 5 %

Sources included in the report:

UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI ronald.docx (D9905901)
proyecto de cimentaciones.pdf (D9905778)
tesis prueba.pdf (D9719878)
TESIS MURAL.docx (D14455252)
TESIS FINAL.docx (D13833032)
<https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/cimentaciones-y-fundaciones.pdf>
http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/ALFARO_Cours_00606.pdf
<https://prezi.com/wilx4e6uk7vs/actividad-2-presentacion-tipos-de-cimentaciones/>
<http://www.melon.cl/documents/1015777ec2ce21-6e14-4f89-9e0b-867ae6e6faa7>
<http://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/359/hormigon-fluido-cementos-bio-bio>
<http://civilgeeks.com/2011/12/02/los-rellenos/>
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10056/1/Hormigones%20Liviamos.pdf>
<http://www.ciccp.es/lmgWeb/Castilla%20y%20Leon/Ferrocarriles/Pliego%20Suelocemento%20in%20situ%20Ferrocarril.pdf>

Instances where selected sources appear:

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero dar las gracias a Dios, cuyas múltiples bendiciones me han hecho ser lo que soy hoy en día.

En segundo lugar, quiero agradecer a mi familia, quienes siempre han confiado en mí. Especialmente mi mamá, por su apoyo incansablemente a lo largo de todo este tiempo.

En este documento se resume mucho esfuerzo, frustración y logro y es por esa razón, que este agradecimiento también está dirigido a mis profesores y compañeros, quienes de una forma u otra manera me han ayudado a terminar con éxito esta etapa de mi vida.

Finalmente, quiero agradecer a mi universidad, por haberme acogido durante estos años y permitirme crecer no solo como profesional sino también como persona.

DEDICATORIA

A mi Dios, pilar y guía en mi vida, a mis Padres y hermana por su apoyo incondicional.

A todos los que han ayudado con un granito de arena para que este gran sueño se cumpla.

TUTOR

Ing. Suarez Rodríguez Marco

PROFESOR GUIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Valarezo Pareja Lilia, Mgs.

Decana de la Facultad de Ingeniería

Ing. Alcívar Bastidas Stefany, Mgs.

OPONENTE

Ing. Varela Terreros Nancy, Mgs.

DOCENTE

CALIFICACIÓN

Ing. Suarez Rodríguez Marco.

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Valarezo Pareja Lilia, Mgs.

Decana de la Facultad de Ingeniería

Ing. Alcívar Bastidas Stefany, Mgs.

OPONENTE

Ing. Varela Terreros Nancy, Mgs.

DOCENTE

INDICE GENERAL

Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO.....	18
1.4 OBJETIVO GENERAL	19
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.6 HIPÓTESIS	19
1.8 METODOLOGÍA.....	20
Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 GENERALIDADES SOBRE SUELO-CEMENTO	22
2.2 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES SOBRE SUELO-CEMENTO	24
2.3 GENERALIDADES SOBRE HORMIGÓN POBRE.....	34
2.4 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES SOBRE HORMIGÓN POBRE.....	35
2.5 CIMENTACIONES SUPERFICIALES: CONCEPTO GENERAL, TIPOS Y DEFINICIONES	42
2.6 PRUEBAS DE LABORATORIO: SUELO-CEMENTO Y HORMIGON POBRE	47
Capítulo 3 : ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO.....	58
3.1 METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE RELLENOS CON SUELO-CEMENTO Y HORMIGÓN POBRE.....	58
3.1.1 ZONAS DE DIFÍCIL COMPACTACIÓN	78
3.1.2 CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES MEDIANAMENTE LIVIANAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS	83
3.1.3 CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES PESADAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS	86

3.2	EXPLICACIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO: RELLENOS CON SUELO-CEMENTO Y HORMIGÓN POBRE	90
3.2.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA RELLENOS EN ZONAS DE DIFÍCIL COMPACTACIÓN	92
3.2.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES MEDIANAMENTE LIVIANAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS	94
3.2.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES PESADAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS.....	98
Capítulo 4 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		100
BIBLIOGRAFÍA		103
ANEXOS		105

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Cono de Abrams.....	30
Gráfico 2: Excavación a mano de un relleno fluido	40
Gráfico 3: Tipos de zapatas	44
Gráfico 4: Losas de cimentación.....	46
Gráfico 5: Llenado del Cono de Abrams.....	49
Gráfico 6: Levantamiento del Cono de Abrams.....	50
Gráfico 7: Medición del Levantamiento.....	50
Gráfico 8: Proceso de llenado de los cilindros.....	52
Gráfico 9: Enrasado de los cilindros	53
Gráfico 10: Curado de Cilindros.....	54
Gráfico 11: Fase final de los cilindros	54
Gráfico 12: Máquina empleada para ruptura de cilindros probados a compresión.....	56
Gráfico 13: Fallas de los cilindros	57
Gráfico 14: Metodología Constructiva.....	59
Gráfico 15: Dumper para acarrear material	63
Gráfico 16: Pala	63
Gráfico 17: Carretilla	64
Gráfico 18: Parihuela	64
Gráfico 19: Cemento	65
Gráfico 20: Agua	65
Gráfico 21: Suelo	65
Gráfico 22: Preparación de la mezcla en obra de suelo cemento fluido u hormigón pobre.....	67
Gráfico 23: Concretera.....	70
Gráfico 24: Bomba estacionaria.....	70
Gráfico 25: Camión mezclador (Mixer)	73
Gráfico 26: Concreteras de 3 sacos (Alta capacidad)	75
Gráfico 27: Arena gruesa	75
Gráfico 28: Piedra triturada en ¾".....	76
Gráfico 29: Falla del sistema de drenaje por relleno inadecuado	79
Gráfico 30: Muro de hormigón armado	80
Gráfico 31: Corte esquemático del terreno.....	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resistencia a la compresión promedio a los 28 días	66
Tabla 2: Cantidad de agua requerida en litros por metro cúbico	66
Tabla 3: Resistencia a la compresión promedio (mezclas de hormigón pobre)	76
Tabla 4: Cantidad de agua requerida en litros por metro cúbico	76
Tabla 5: Resumen de Costos.....	100

RESUMEN

En el presente trabajo se busca obtener una información acertada y concisa a partir de un análisis comparativo entre Suelo-Cemento y Hormigón Pobre como material de sustento para diferentes tipos de cimentación superficial, que requieren éstas alternativas, con el propósito de brindar una solución de tipo empírica a los Ingenieros Constructores, Diseñadores de Cimentaciones, técnicos de Ingeniería Civil en general que estarán a cargo del estudio-diseño y/o inicio de la construcción de una cimentación superficial donde implique el uso de dichos materiales. El tema consiste en explicar por qué no resulta conveniente utilizar un relleno standard con material granular compactado como normalmente se lo hace.

De manera puntual, se van a escoger dos casos de cimentaciones superficiales y un caso especial donde se efectúen rellenos de difícil compactación. Para cada caso se realizará el análisis técnico-económico a fin de poder determinar los beneficios que generan éstos materiales y a la vez escoger el más favorable, siempre teniendo en cuenta que se deben cumplir requisitos de resistencia, seguridad y funcionalidad en un proyecto de Ingeniería.

Palabras Claves: (SUELO-CEMENTO; HORMIGÓN POBRE; RELLENO STANDARD; MATERIAL GRANULAR; COMPACTACIÓN; CIMENTACIÓN SUPERFICIAL)

ABSTRACT

The paper aims to get accurate information about construction and building materials. Specifically, it covers a comparative analysis of soil-cement and lean concrete in different types of superficial foundation, in order to give an empirical solution to construction engineers, foundation designers and civil engineering technicians that might be in charge of the design or construction of a superficial foundation which implies the usage of these building materials. The main point of this paper is to explain why it is not convenient to use the standard fill with compacted granular material as it is usually used.

In particular, the present work will explained two cases of superficial foundation where the filling is quite complex. For each case, the economic-technic analysis will be performed in order to select the most convenient material, by determining the benefits that will be derived from the usage of them, taking into account resistance requirements, security and functionality criteria that must be fulfilled in every engineering project.

Keywords: (SOIL-CONCRETE, LEAN CONCRETE, STANDARD FILL, GRANULAR MATERIAL, COMPACTION, SUPERFICIAL FOUNDATION)

Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La tierra es sin dudas el material de construcción más antiguo de los empleados por el hombre en su evolución histórica, esto en cuanto a la utilización del suelo como tal, ya que este ha sido muy aprovechado para diversas obras que se remontan desde los siglos VII y VI, A.N.E. Como ejemplo se tienen obras defensivas y viviendas en Italia y algunas zonas de la Gran Muralla China (Instituto Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana, 2008).

En cuanto a la historia del hormigón pobre (hormigón de baja resistencia) se tiene que los primeros utilizados para construir edificaciones surgieron en el Imperio Romano en los años 20 a.c. Se originaron de la mezcla de materiales cementantes formados a partir de limos quemados con materiales de baja densidad como la piedra pómez. Los primeros edificios construidos con hormigones estructurales de baja resistencia surgieron luego de la Primera Guerra Mundial (Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)).

En los tiempos actuales el hormigón pobre hace referencia al replantillo, nombre que se utiliza en construcción y es una mezcla pobre de hormigón tal como su nombre indica, y su función principal en la mayoría de obras es la de servir como un piso, de tal manera que exista una separación con el terreno natural o relleno compactado para transmitir mejor las cargas y evitar cualquier tipo de contaminación que pueda venir del suelo. Sobre este replantillo se construye la cimentación. El hormigón pobre está siendo utilizado como relleno desde hace pocos años atrás.

Tanto el suelo-cemento como el hormigón pobre en lo que concierne al enfoque de este tema (materiales de sustento) son materiales conocidos como **Rellenos Fluidos de Baja Resistencia Controlada**. El suelo-cemento es un material relativamente moderno y muy utilizado en la actualidad en numerosas actividades, tales como: Bases de Pavimentos, como Aislantes Térmicos, como Soportes de Conductos, para Control de la Erosión, como Rellenos de Agujeros o Cavidades, Túneles y Alcantarillas, Sótanos y como **Rellenos Estructurales bajo Cimentaciones Superficiales**, este último es hacia donde se dirige este trabajo.

Se tiene como referencia el descubrimiento y utilización de estos materiales como “Rellenos Fluidos de Resistencia Controlada” en los Estados Unidos de América, a partir de 1964. Desde 1970 es utilizado en gran escala en proyectos viales y rellenos en cimentaciones de diversos edificios en USA. En 1984 se crea el Comité ACI 229R específico para este material, y se difunde su conocimiento en América y el Mundo (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

En El Salvador, se desarrollaron algunas aplicaciones puntuales en las décadas del 70’s y 80’s. y se realizó un estudio en 1995 llamado “Investigación para la Utilización de Material de Relleno de Resistencia Baja Controlada” realizado por Ingenieros Civiles Asociados. A partir del año 2000, su utilización ocurre en prácticamente todo tipo de obras civiles (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema surge a partir de la ausencia de un buen material de relleno natural que no cumpla con las exigencias de una obra específica, también con alguna complejidad de una cimentación superficial o una situación constructiva y resulta muy conveniente el uso de estos materiales, que al igual que un relleno standard en el cual se hacen varias pruebas para que sea aceptado, como por ejemplo la de compactación, estos materiales también deben ser analizados y ensayados en laboratorio, de tal manera que cumplan con los parámetros de diseño y las normativas que conllevan la ejecución de una Obra Civil.

También se puede plantear el factor tiempo y que es de suma importancia en ciertos casos en donde nos vemos obligados a reducirlo. Por lo tanto el uso de estos rellenos fluidos nos ahorra una gran cantidad de tiempo, lógicamente si se los usa de la manera más adecuada y con la mejor técnica.

Como el tema indica, los materiales a estudiar son el suelo-cemento y hormigón pobre, de los cuales se hará un análisis comparativo a fin de obtener el más ventajoso para cada tipo de problema.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO

Es de importancia y se justifica la realización de este trabajo ya que permitirá a los Ingenieros tener una idea clara en cuanto al uso, costo, tiempo y proceso constructivo de ambos materiales y así poder elegir el más conveniente.

También se justifica a raíz del antecedente del terremoto de magnitud 7.8 en escala Richter ocurrido en La Provincia de Manabí, el 16 de Abril del 2016, debido a que muchas estructuras pueden fallar por el mal reemplazo de material de relleno o malas prácticas constructivas en lo que compete a esta

parte y de alguna manera en este trabajo se explican los beneficios que proporcionan estas alternativas.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Comparar el material de sustento entre Suelo Cemento y Hormigón Pobre para diferentes tipos de cimentación superficial y un caso especial donde se efectúen rellenos de difícil compactación y resulta viable el uso de estas alternativas, en lo concerniente a metodología constructiva, al costo y al tiempo de ejecución, tratando de lograr un resultado que beneficie a la Ingeniería Civil en general.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la utilización del suelo cemento u hormigón pobre como material de sustento en base a lo planteado.
- Analizar cimentaciones superficiales que tengan alguna complejidad al no poder utilizar el material de relleno standard de nuestro medio.

El análisis global comparativo de los objetivos indicados, incidirán positivamente en la decisión más adecuada de diseñadores y constructores para nuestros proyectos.

1.6 HIPÓTESIS

Se plantea como hipótesis que de la comparación analítica y detallada sobre el uso de suelo-cemento y/o hormigón pobre como materiales de relleno se podrá demostrar su significativa importancia al momento de iniciar una obra, ya que pueden ser materiales que no estaban predispuestos y por ende es de vital importancia que nosotros los Ingenieros tengamos conocimiento de este tema, para la toma de decisiones y enfoque del problema.

Lo más importante es elegir lo más provechoso desde el punto de vista técnico y económico sin que afecte el funcionamiento del proyecto.

1.7 ALCANCE

El desarrollo del trabajo es laborioso, pero necesario, ya que solo así se puede tener un análisis veraz y efectivo, de forma tal que permita especialmente a los Diseñadores de Cimentaciones, y a los Ingenieros Constructores y Fiscalizadores en el sector privado y Funcionarios y Técnicos de las entidades públicas, escoger la mejor alternativa para los casos planteados. Debe recalcarse que este tema, suele tornarse en algo crucial en el inicio de un proyecto de Ingeniería.

1.8 METODOLOGÍA

El tema a desarrollarse consiste en aplicar la siguiente metodología:

Se trata de comparar y escoger la mejor alternativa entre las planteadas, para el tema a estudiar.

Se van a escoger dos tipos de cimentaciones superficiales y un caso especial donde se efectúen rellenos de difícil compactación y se hace viable la utilización de estas alternativas.

Lo fundamental, es partir con cada una de ellas e indicar las razones sobre el uso de estos materiales. Dependiendo del caso, se partirá con un estudio de suelo, con la ubicación geográfica, cota de cimentación, características del suelo, con la topografía del terreno natural, con el tipo de cimentación escogida y con cualquier información técnica que coadyuve a la implementación del tema. Luego de ello se hará un análisis comparativo de ambas alternativas para cada tipo de problema.

Se hará un estudio pormenorizado de las características del suelo cemento, incluyendo si es necesario las pruebas del laboratorio, así como el debido escogimiento del hormigón pobre que puede a su vez, tener también más de una alternativa. Los parámetros en cuanto a su metodología de trabajo, costos y tiempo serán importantes el momento de realizar el análisis señalado.

Se debe culminar, con una conclusión y con las debidas recomendaciones que guíen a los técnicos involucrados en los proyectos de Ingeniería.

Capítulo 2 : MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES SOBRE SUELO-CEMENTO

A continuación se definirá el término de suelo-cemento como tal, el cual hace referencia a un suelo-cemento in situ compactado, que no es lo mismo que el suelo-cemento fluido (relleno fluido), ya que este último no necesita ser compactado y no requiere colocación en capas, ni curado, pues éstas son sus mayores cualidades y lógicamente esto se traduce en un ahorro de equipo y personal, teniendo como resultado un ahorro de dinero. Esto es con la intención de poder identificar y diferenciar ambos materiales.

Según el Instituto de Cemento Portland Argentino, el suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo convenientemente pulverizado, con cantidades medidas de cemento portland y agua, compactado a gran densidad. **El suelo-cemento compactado** contiene suficiente cemento como para crear una estructura resistente y durable, y el grado de humedad necesario para una apropiada compactación y para la hidratación del cemento. Cuando el cemento se hidrata la mezcla se transforma en un material duro y rígido, los porcentajes de cemento suelen ser del 10%, dependiendo de la calidad del suelo (Instituto del Cemento Portland Argentino, 2011).

El suelo-cemento fabricado en sitio debe ser una mezcla homogénea y uniforme en la zona de empleo de un suelo con cemento y agua que compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo, lograr una resistencia a compresión y asegurar una adecuada durabilidad del material, se lo va colocando por capas y generalmente se utiliza para servir como terraplén, rellenos o bloques técnicos (Instituto Español del cemento y sus aplicaciones, 2016).

La ejecución de un suelo-cemento tradicional fabricado en sitio incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie existente.
- Fabricación del suelo.
- Extensión del suelo.
- Humectación o desecación del suelo.
- Distribución del cemento.
- Ejecución de la mezcla.
- Compactación.
- Terminación de la superficie.
- Curado y protección superficial.

(Instituto Español del cemento y sus aplicaciones, 2016).

El suelo-cemento in situ compactado es mayormente utilizado para construcción bases y sub bases de pavimentos, por lo que en éste trabajo no se utilizará este material debido a que no es factible para el tema que se desarrollará, el cual es en torno a cimentaciones superficiales.

La principal diferencia del Suelo-Cemento Fluido con el Suelo-Cemento Compactado tradicional es que el Suelo-Cemento Compactado se coloca como suelo y después se comporta como hormigón que necesita compactación y curado, mientras que el Suelo-Cemento Fluido se coloca como un hormigón (hormigón fluido) y se comporta posteriormente como suelo (excavable) sin necesidad de compactación y curado (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

En el artículo de “Manual de Elaboración, Colocación y Control de Calidad de Suelo Cemento Fluido”, se expresa que este material se viene utilizando con frecuencia a partir de la década de los setenta. El suelo-cemento fluido en

estado endurecido es una estructura estable que soporta cargas, cuyas bondades aplicadas en ingeniería han demostrado que es un material de gran ayuda en pequeñas y grandes obras. Su producción proviene de una mezcla muy sencilla de realizarse, con un amplio campo de aplicación y sobre todo los materiales que lo componen son económicos y abundantes (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

Cualquier tipo de suelo puede ser un aporte importante en una construcción si se le da el tratamiento adecuado, por ello existe la posibilidad de hacer uso de un suelo al darle un tratamiento adecuado que cumpla con normas de diseño o de construcción y sin desecharlo sino más bien aprovecharlo. Lo ideal es darle un tratamiento adecuado, hacer que estos cumplan con normas que rigen los materiales y de esa forma utilizar los suelos que tenemos al alcance (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

Otro factor importante es la difusión que ha tenido el utilizar este material de forma empírica y últimamente con maquinaria moderna para el manejo adecuado (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

Como se explicó anteriormente el suelo cemento fluido y el hormigón pobre que originalmente es un fluido son conocidos como Rellenos Fluidos de Resistencia Controlada y este término se definirá en la sección 2.4.

2.2 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES SOBRE SUELO-CEMENTO

DEFINICIÓN:

El suelo cemento fluido o Relleno Fluido de Resistencia Controlada es un material con características que corresponde a un suelo mejorado y que tiene

fluidez como su primordial propiedad y una resistencia controlada. Sus componentes son: Agregados (Suelo), Cemento Portland y agua.

Una vez dosificado y mezclado los componentes se pueden utilizar para lo que se requiera. El uso que mayormente se le da es como material de relleno, ya que puede alcanzar un rango de resistencias de 3.5 hasta 85 Kg/cm², dependiendo de los requerimientos del proyecto (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

CARACTERÍSTICAS:

Características Agregados:

Los agregados se definen como materiales compuestos de partículas de origen pétreo, duras, de forma y tamaño estables. Se denominan o clasifican según su tamaño y textura superficial de sus partículas (Guía para la selección y control de áridos para hormigones, 2016).

Para un suelo-cemento fluido, como su nombre indica es una combinación de suelo con cemento por lo que los agregados hacen referencia al suelo y el adecuado para ser estabilizado con cemento, es aquel que al ser mezclado con el material aglutinante proporcione una resistencia adecuada, dependiendo del uso al que se le destine y que además presente poca contracción al secado.

Los agregados constituyen el componente mayor en la mezcla de rellenos fluidos, comprende aproximadamente entre el 75% y 95% en peso de la mezcla seca. El tipo, granulometría y forma de los agregados pueden afectar las propiedades físicas como fluidez, auto-colocación y resistencia a la compresión.

Entre ellos se encuentran: cualquier tipo de suelo en general; a excepción de la capa vegetal, suelos con materia orgánica, suelos contaminados por infiltración de aguas residuales, también suelos con arcillas finas han mostrado problemas de mezclado incompleto, formación de grumos en la mezcla, excesiva demanda

de agua, contracción volumétrica y variaciones en la resistencia por lo que su uso no es recomendado (Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Civil, 2008).

Los suelos que han presentado mejores resultados son:

- Agregados especificados en norma ASTM dentro de la granulometría especificada
- Gravilla fina con arena
- Agregado menores a $\frac{3}{4}$ " con arena
- Suelos de arena del lugar, con más del 10% que pase por el tamiz 200
- Productos de desperdicio de cantera, generalmente agregados menores a $\frac{3}{8}$ ".

Cualquier material no normalizado puede ser utilizado para producir suelo-cemento fluido, siempre y cuando sean ensayados y se verifique que satisfacen las necesidades para la aplicación.

Características del Cemento:

Es un conglomerante hidráulico que al ser hidratado se solidifica y endurece. Se obtiene mediante un proceso industrial, pulverizando a un grado de finura determinado una mezcla fría de arcilla y materiales calcáreos previamente sometidos a cocción que se denomina Clinker Portland al cual se le adiciona sulfato de calcio como anhidrita y yeso para regular el tiempo de fraguado. Otra definición también es: "El cemento es un material finamente molido de color gris verdoso, que al mezclarse con el agua tiene la propiedad de fraguar o endurecer". Además el cemento proporciona la cohesión y resistencia en la mezcla (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

Es el material básico de la estabilización del suelo, comprende un promedio del 5 al 25% en peso de la mezcla seca.

El cemento que mayormente se utiliza en nuestro medio es el cemento Portland normal tipo I que en empresas proveedoras de hormigón premezclado en nuestro medio lo venden con el nombre de “cemento para la construcción en general tipo GU”. Aunque también se pueden utilizar los de alta resistencia inicial.

Características del Agua:

Cualquier agua libre de aceites, ácidos, álcalis o materia orgánica puede utilizarse para la fabricación del Suelo- Cemento Fluido. El agua tiene como función principal: Hidratar el cemento para producir la aglutinación de las partículas sólidas (Viera Estrada Ana Laura, 2016).

Comprende del 10% al 20% por peso de la mezcla seca (para suelo cemento compactado), y en cantidades suficientes para obtener la fluidez deseada en mezcla de suelo-cemento fluido.

Características Aditivos:

Es un material que aparte del cemento, el agregado, y el agua son incluidos antes o durante el mezclado. Estos se emplean con el objeto de mejorar y/o modificar algunas de las propiedades de la mezcla en la forma deseada.

Estos materiales no son básicos en la fabricación del suelo-cemento, al igual que el concreto se recomienda que antes del uso de cualquier aditivo se compruebe que la mejora que se busca no afecte las propiedades primarias del suelo cemento (resistencia y durabilidad). Aditivos que permitan la inclusión de aire pueden ser constituyentes valiosos en la construcción de Rellenos Fluidos.

El aire genera vacíos y mejora la fluidez, desempeño y economía. También puede ser utilizado para aumentar las características de aislamiento y reducir la densidad. Aditivos reductores de agua se han utilizado en las mezclas de RF con bajo contenido de finos. El objeto es reducir el contenido de agua y acelerar el fraguado a la vez que disminuye el asentamiento. Se debe tener mucho cuidado cuando los contenidos de aire excedan el 6% ya que se puede incrementar la segregación. Sin embargo cuando la mezcla está diseñada con suficientes finos que promuevan la cohesión, se pueden obtener contenidos de aire del 15 al 20% sin riesgos de segregación (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Características del Suelo-Cemento Fluido:

- No necesita compactación ni curado
- Escurre muy bien dentro de un encofrado de geometría compleja
- Menor requerimiento de mano de obra
- Fácil y rápida colocación del material
- Muy buena terminación de la superficie
- Alta durabilidad
- Homogeneidad garantizada

(Hormigón Fluido, 2016).

PROPIEDADES FUNDAMENTALES:

De acuerdo al trabajo de Grado “Aplicación de los parámetros de control ACI, en mezclas de rellenos fluidos de resistencia controlada, variando porcentajes y tipos de cementos”, se tiene las siguientes propiedades:

Poseen propiedades mecánicas las cuales permiten que sean utilizados para diferentes fines, por ejemplo: Relleno bajo Cimentaciones, elaboración de bloques, rellenos de muro de contención, rellenos de huecos, etc.

Las propiedades que tienen mayor incidencia en la construcción son: La resistencia a la compresión, resistencia a tensión cortante, resistencia al desgaste y durabilidad, además la adherencia y la absorción que son las que garantizan prácticamente la resistencia y durabilidad del material (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Propiedades del Suelo-Cemento Fluido en Estado Plástico.

Fluidez:

“La fluidez es la propiedad que hace al relleno fluido único como material de relleno, permite que el material se autonivele, fluya dentro de un espacio vacío, lo llene y se auto compacte.

Debido a la similitud con el concreto y grout en estado plástico, la fluidez se puede estudiar en términos de la tecnología del concreto.

Cuando la presión hidrostática es considerable, ahí si se sugiere colocar el suelo-cemento fluido en capas, permitiendo que cada capa endurezca antes de colocar la siguiente” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

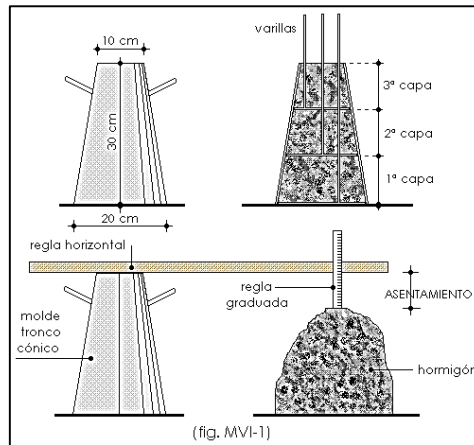


Gráfico 1: Cono de Abrams

Fuente: (Imágenes de Google)

Los intervalos de fluidez asociados con el ensayo de cono de Abrams pueden ser expresados así:

- Baja fluidez: 15 cm o menos
- Fluidez normal: entre 15 y 20 cm
- Alta fluidez: más de 20 cm

Segregación:

“Si la mezcla no está correctamente dosificada, puede haber segregación a niveles muy altos de fluidez, cuando ésta es producida por altos contenidos de agua. Debido a que en la mayoría de casos de mezclas de RFRC los contenidos de materiales gruesos y pesados son mínimos, y además este material no se vibra, las probabilidades de generar segregación son muy bajas” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Contracción Mínima:

“La contracción tiene que ver con la reducción de volumen de las mezclas de RFRC, a medida que elimina el agua contenida y el aire atrapado a través de la consolidación de la mezcla.

El agua en exceso empleada para dar fluidez además de la requerida para consolidar e hidratar el cemento, es generalmente absorbida por el suelo adyacente o se elimina a través de la superficie como agua de exudación.

El valor típico de contracción se encuentra entre 3.1 y 6.35 mm por cada 30 cm. de profundidad, este valor generalmente se encuentra en mezclas con altos contenidos de agua. Las mezclas que contienen cantidades de agua adecuadas, poseen poca o ninguna contracción” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Tiempo de Fraguado:

“Es el período aproximado de tiempo requerido por el Relleno Fluido de Resistencia Controlada, para pasar de un estado plástico ha endurecido, con resistencia suficiente para soportar el peso de una persona. Es muy variable, y depende mucho de la magnitud de la exudación. Puede ser tan breve como una hora, pero bajo condiciones normales toma generalmente de 3 a 5 horas.

Cuando este exceso de agua se evapora, aumenta el contacto y adherencia entre partículas de suelo y la mezcla inicia un proceso de rigidización” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Los factores normales que influyen en el tiempo de fraguado son los siguientes:

- La dosificación de la mezcla*
- La Fluidez de la mezcla RFRC.*
- Tipo y Cantidad de Cemento.*
- Temperatura ambiente y de la mezcla.*
- Humedad relativa.*
- Espesor del relleno.*
- Permeabilidad y grado de saturación del suelo de los alrededores que está en contacto con RFRC.*

Fácil Bombeo:

“Al igual que el concreto, puede ser bombeado, por tanto la dosificación se vuelve un factor crítico. Los espacios vacíos deben ser llenados con partículas sólidas para proveer la cohesividad adecuada para el transporte a través de la línea de bombeo, bajo presión y sin segregación.

Es importante mantener un flujo continuo a través de la línea de bombeo, Flujo con interrupción causa segregación, la cual a su vez restringe el flujo y puede causar taponamiento.

El Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) con altos contenidos de aire puede ser bombeado, aunque se debe tener la precaución de mantener las presiones de bombeo bajas para no tener pérdidas considerables en el contenido de aire y reducir la capacidad de bombeo” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Propiedades del Suelo-Cemento Fluido en Estado Endurecido**Capacidad de soporte:**

“La resistencia a la compresión no confinada es una medida de la capacidad del suelo-cemento fluido para distribuir cargas. Una resistencia a la compresión de 3.5 a 7 kg/cm² es equivalente a la capacidad de soporte de un suelo bien compactado. Aunque se pueden requerir mayores resistencias y se diseña a un máximo de 85 kg/cm²” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Los factores determinantes en la resistencia a compresión son:

- *El tipo y contenido de cemento*
- *Tipo de Suelo*
- *Densidad*

Es importante considerar el contenido de cemento y tipo de suelo, cuando se requiera excavación futura.

Densidad:

“El peso volumétrico húmedo de mezclas de suelo-cemento fluido está en un intervalo de 1,842 a 2,322 Kg. /m³. Utilizando materiales más ligeros como arena limosa o mezclas con agregado de peso ligero es posible obtener densidades entre 1,441 y 1,700 Kg. /m³.

Existe una reducción considerable del peso volumétrico en estado endurecido, la cual deberá ser considerada en el diseño de mezcla, de acuerdo al uso que tendrá la mezcla” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Asentamiento:

“Rellenos tradicionales compactados, pueden sufrir asentamientos aun cuando los requerimientos de compactación hayan sido realizados.

En contraste, mezclas de suelo-cemento fluido no sufren asentamientos después de haber endurecido. Según ACI, mediciones realizadas en diversas obras, han mostrado la inexistencia de contracciones y asentamientos posterior a la etapa de endurecimiento (obra en servicio)” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Permeabilidad:

“La permeabilidad de la mayoría de mezclas de RFRC es similar a la de los rellenos granulares compactados. Los valores típicos se encuentran en el intervalo de 10⁻⁴ a 10⁻⁵ cm/seg. Las mezclas de relleno fluido con mayores resistencias y contenidos de finos, logran permeabilidades tan bajas como de 10⁻⁷ cm/seg.

La permeabilidad aumenta a medida que el contenido del material cementante disminuye y el de agregados aumenta” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Excavabilidad:

“La posibilidad de excavar RFRC en etapas posteriores es una consideración importante en muchos proyectos.

En general, una resistencia a compresión de 3.5 Kg. /cm², se puede excavar manualmente. Para resistencias de 10 a 85 Kg. /cm², deben utilizarse equipo mecánico como retroexcavadoras.

Los límites de excavabilidad son arbitrarios dependiendo de la mezcla de RFRC. Las mezclas que emplean altas cantidades de agregados gruesos, pueden ser muy difíciles de remover manualmente, aun con resistencias bajas.

Las mezclas constituidas solo de arenas o suelos arenosos pueden ser excavadas con retroexcavadoras aun si la resistencia es de 21 Kg. /cm².

Cuando existe la posibilidad de una excavación en el futuro, el tipo y cantidad de cemento es importante. Se ha obtenido un desempeño a largo plazo aceptable con contenidos de cemento de 24 a 60 Kg. /m³” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

2.3 GENERALIDADES SOBRE HORMIGÓN POBRE

Se refiere a una mezcla pobre de hormigón (hormigón fluido) cuya resistencia a la compresión de igual forma que el suelo-cemento fluido deberá comprender entre 3,5 y 85 Kg/cm². El hormigón pobre utilizado como replantillo u en otras actividades generalmente alcanza valores mayores a los 100 kg/cm², pero en este caso como se trata de utilizarlo para mejorar la capacidad portante de un suelo, por lo que no es necesario llegar a mayores resistencias.

El hormigón pobre al igual que el suelo-cemento ha sido muy utilizado como relleno de zanjas, huecos, muros y otros tipos de cavidades. También en rellenos estructurales, aislantes, bases y sub-bases de pavimentos, relleno de todo tipo de conducciones, control de la erosión, entre otros, como se mencionó anteriormente.

Su fabricación y colocación en obra son similares a las de los morteros y hormigones convencionales, mientras que sus propiedades en servicio se asemejan más, según la resistencia exigida, a las de un suelo estabilizado, un suelo-cemento fluido o una grava-cemento, proporcionando por tanto una capacidad de soporte, para las capas superiores, mucho mayor a la que se obtiene con los materiales granulares utilizados habitualmente en estos trabajos. Es por ello por lo que estos hormigones fluidos pueden servir también como bases de aceras o pavimentos sometidos a intensidad de tráfico moderada, e incluso como hormigones de limpieza (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

2.4 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES SOBRE HORMIGÓN POBRE

DEFINICIÓN:

Son aquellos hormigones que pueden ser bombeados, con una alta fluidez que permiten rellenar grandes superficies y llegar a zonas de difícil acceso, con una rápida colocación y excelente terminación.

Teniendo claro que se trata de un hormigón fluido, en este caso sobre un relleno fluido, este último término se definirá a continuación:

En el trabajo de grado referente a “USO DE RELLENOS FLUIDOS EN LA CONSTRUCCIÓN”, se menciona que el comité ACI 229 “Controlled low-strength materials” lo define como *“Material cementante auto-compactable de una baja densidad controlada, usado principalmente como relleno en sustitución de un relleno compactado”*.

Se describe como un sustituto de suelo que se coloca de forma casi líquida, auto nivelante, en menos tiempo que una base granular compactada y una vez

endurecido presenta un mejor comportamiento y mejores propiedades que las de un relleno compactado tradicional hecho con materiales granulares.

CARACTERISTICAS:

Las características son similares a las del suelo-cemento fluido.

Características Agregados:

Para el caso del hormigón pobre los agregados son más fáciles de conseguir por la sencilla razón que en nuestro medio un hormigón se crea a partir de la mezcla de cemento, arena, piedra y agua; en ciertos casos se utilizan aditivos. Siendo la arena el agregado fino y la piedra el agregado grueso. La arena mayormente utilizada es la arena gruesa de río y la piedra que se utiliza es la piedra de cantera triturada en $\frac{3}{4}$ ".

Los agregados deben conformar el armazón o estructura base del hormigón. En cada unidad de volumen de hormigón debe existir la mayor cantidad posible de agregados y con el mayor tamaño compatible con los demás requisitos que deba cumplir la mezcla. De esta forma se obtendrá un hormigón más estable y económico.

Para un hormigón fluido, los agregados tienen que ser de tamaño máximo nominal de 19 mm. Las características del cemento, agua y aditivos son exactamente las mismas que las del suelo-cemento fluido.

Características del Hormigón Pobre:

- No necesita compactación ni curado
- Escurre muy bien dentro de un encofrado de geometría compleja

- Menor requerimiento de mano de obra
- Fácil y rápida colocación del material
- Muy buena terminación de la superficie
- Alta durabilidad
- Homogeneidad garantizada

(Hormigón Fluido, 2016).

PROPIEDADES FUNDAMENTALES:

Al ser un hormigón fluido sus propiedades son similares a las del suelo-cemento fluido y estas se detallan a continuación:

Del documento “Materiales fluidos de baja resistencia controlada para rellenos”; se definirán las propiedades.

Propiedades del Hormigón Pobre en estado plástico

Trabajabilidad:

“Es la mayor ventaja que ofrecen estos materiales. Son mezclas cuya fluidez permite rellenar cualquier hueco y se compactan por si solas, sin requerir la intervención de otros equipos.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que por su fluidez los hormigones fluidos (rellenos fluidos de baja resistencia controlada) ejercen una presión hidrostática. Por ello, en ocasiones, se tiene que trabajar por capas, las cuales se dejan endurecer antes de colocar la siguiente, por ejemplo, si se está trabajando entre encofrados, o si puede haber peligro de que se produzca flotación de tuberías”
(Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Existen diferentes métodos para evaluar la fluidez o trabajabilidad de los hormigones fluidos.

Si se emplea el cono de Abrams puede establecerse la siguiente clasificación:

- Mezclas de fluidez baja: asentamiento < 15 cm;*
- Mezclas de fluidez media: asentamiento entre 15 y 20 cm;*
- Mezclas de fluidez alta: asentamiento > 20 cm.*

Segregación:

“La separación de los materiales de la mezcla puede ocurrir a niveles muy altos de fluidez cuando ésta es ocasionada principalmente por la adición de agua. Haciendo una dosificación adecuada se puede obtener un alto grado de fluidez sin segregación” (Tesis Universidad de El Salvador, 2003).

Asentamiento:

“Los hormigones fluidos experimentan una ligera reducción de volumen debida a pérdidas de aire ocluido y de agua. Esta última es absorbida por el terreno adyacente o bien asciende hasta la superficie del material en forma de agua de sangrado.

La mayor parte del asentamiento se produce durante la puesta en obra del material. Su valor depende fundamentalmente de la cantidad de agua libre eliminada, y suele oscilar entre el 1 y el 2% de la altura total del hormigón fluido” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Plazo de endurecimiento:

“Es el tiempo transcurrido desde la fabricación de la mezcla hasta que ésta pueda soportar el peso de una persona.

Normalmente suele oscilar entre 3 y 5 horas, aunque en ocasiones puede llegar a reducirse a 1 hora” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Fácil bombeo:

“Los hormigones fluidos pueden ser bombeados empleando equipos convencionales, para acceder, por ejemplo, a zonas de difícil acceso. La dosificación de la mezcla tiene en estos casos una importancia fundamental, como ocurre con los hormigones de altas resistencias” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Propiedades del Hormigón Pobre en servicio (estado endurecido)**Resistencia y capacidad de soporte:**

“La capacidad de soporte de un hormigón fluido está muy relacionada con su resistencia mecánica. Un material con una resistencia a compresión entre 3,5 y 7 kg/cm² tiene una capacidad de soporte similar a la de un suelo granular bien compactado.

Como ya se ha mencionado, en los rellenos fluidos debe en general controlarse que su resistencia no alcance un valor excesivo, a fin de permitir que pueda ser re excavado en caso necesario” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

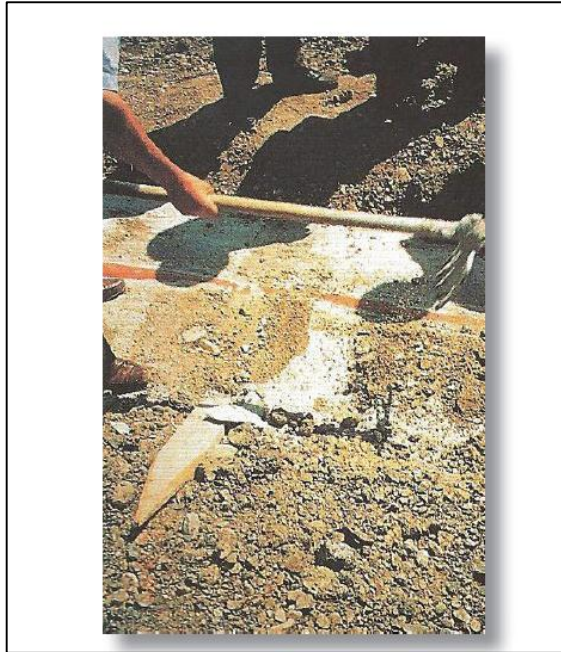


Gráfico 2: Excavación a mano de un relleno fluido

Fuente: (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013)

Densidad in situ:

“Suele variar entre 1100 y 2300 kg/m³. Para obtener densidades bajas se deben utilizar los aditivos espumantes que permitan ocluir cantidades de aire superiores al 25%” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Asentamiento:

“Al contrario que en los rellenos granulares, los rellenos fluidos no experimentan asentamientos una vez que han endurecido. Esto ha podido comprobarse con medidas realizadas en días posteriores, en obra” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Permeabilidad:

“La permeabilidad de la mayoría de los rellenos fluidos excavables es similar a la de los rellenos granulares bien compactados. Los valores típicos del coeficiente de permeabilidad suelen oscilar entre 10^{-4} y 10^{-5} cm/seg.

En las mezclas de mayor resistencia y contenidos más elevados de finos dicho coeficiente puede descender hasta 10^{-7} cm/seg.

Por el contrario, la permeabilidad aumenta al disminuir tanto la dotación de conglomerante como la fracción de árido pasando por el tamiz de $80 \mu m$ ” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Retracción y agrietamiento

“Tanto la retracción como el agrietamiento resultante no afectan prácticamente el comportamiento de los hormigones pobres.

Los valores del acortamiento por retracción de los mismos son muy reducidos, oscilando en general entre 0,02 y 0,05%” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

Excavabilidad

“Se trata evidentemente de una característica de gran interés en muchas obras, pensando sobre todo en futuras reparaciones o renovaciones de servicios. Como es lógico, depende en gran medida de la resistencia alcanzada.

En general se considera que con valores no superando los $3,5 \text{ kg/cm}^2$ es posible una excavación manual (gráfico 2), y que hasta 7 kg/cm^2 puede emplearse una mini retroexcavadora. Para resistencias mayores es indispensable el uso de una Retroexcavadora.

No obstante, la excavabilidad del material se ve también muy afectada por el tipo de material utilizado. Las mezclas con árido grueso son difíciles de excavar a mano, incluso con bajas resistencias.

Es conveniente, por tanto, prever una dotación de conglomerante acorde con la resistencia a alcanzar, y realizar, si se considera conveniente, determinaciones de la misma a edades avanzadas.

Para reducir las resistencias, puede recurrirse a una disminución del contenido de conglomerante, o bien el incremento de la cantidad de aditivo espumante” (Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones, 2013).

2.5 CIMENTACIONES SUPERFICIALES: CONCEPTO GENERAL, TIPOS Y DEFINICIONES

CONCEPTO GENERAL:

Del documento “CIMENTACIONES”: *Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica*, se define a la cimentación como aquella parte de la estructura que se encarga de transmitir las cargas al terreno, es decir las cargas generadas por la estructura hacia el suelo o hacia la roca subyacente.

Cuando los suelos reciben las cargas de la estructura, se comprimen en mayor o en menor grado, y producen asentamientos de los diferentes elementos de la cimentación y por consiguiente de toda la estructura. Durante el diseño se deben controlar tanto los asentamientos absolutos como los asentamientos diferenciales(Escuela Politécnica del Ejército-Ecuador).

Los cimientos se construyen siempre en hormigón armado debido a que muy rara vez no están en contacto con el agua (nivel freático) y una vez que el hormigón ha endurecido, el agua genera poco efecto sobre este. Lo que sí es indispensable hacer, es la construcción de drenajes, crear impermeabilización y protección contra la humedad a fin de evitar que el agua ingrese a los sótanos de la estructura.

Para poder realizar una buena cimentación es necesario un conocimiento previo del terreno en el que se va a construir la estructura. La correcta clasificación de los materiales del subsuelo es un paso importante para cualquier trabajo de cimentación, porque proporciona los primeros datos sobre las experiencias que puedan anticiparse durante y después de la construcción (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010).

TIPOS Y DEFINICIONES:

De la fuente: (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010), se definirá los siguientes términos:

Cimentaciones superficiales

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010).

Las cimentaciones superficiales se clasifican en:

- Zapatas
- Zapatas aisladas.
- Zapatas corridas.
- Zapatas combinadas.
- Losas de cimentación.

Zapatas

Una zapata es una ampliación de la base de una columna o muro, que tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo. Las zapatas que soportan una sola columna se llaman individuales o

zapatas aisladas. La zapata que se construye debajo de un muro se llama zapata corrida o zapata continua. Si una zapata soporta varias columnas se llama zapata combinada (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010).

En el gráfico 3, se pueden observar los tipos de zapata, que posteriormente serán expuestas con detalle.

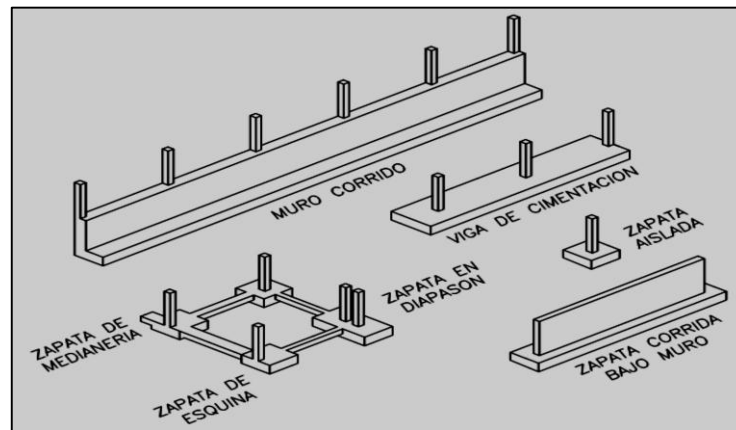


Gráfico 3: Tipos de zapatas

Fuente: (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010)

Zapatas aisladas

Las zapatas aisladas son un tipo de cimentación superficial que sirve de base de elementos estructurales puntuales como son los pilares (columnas); de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite. El término zapata aislada se debe a que se usa para asentar un único pilar, de ahí el nombre de aislada. Es el tipo de zapata más simple, aunque cuando el momento flector en la base del pilar es excesivo no son adecuadas y en su lugar deben emplearse zapatas combinadas o zapatas corridas en las que se asienten más de un pilar (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010).

Zapatas corridas

Las zapatas corridas se emplean para cimentar muros portantes, o hileras de pilares. Estructuralmente funcionan como viga flotante que recibe cargas lineales o puntuales separadas.

Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal. Las zapatas corridas están indicadas como cimentación de un elemento estructural longitudinalmente continuo, como un muro, en el que pretendemos los asientos en el terreno. También este tipo de cimentación hace de arriostamiento, puede reducir la presión sobre el terreno y puede puentear defectos y heterogeneidades en el terreno. Otro caso en el que resultan útiles es cuando se requerirían muchas zapatas aisladas próximas, resultando más sencillo realizar una zapata corrida.

Las Zapatas Corridas son, según el Código Técnico de la Edificación (CTE), aquellas zapatas que recogen más de tres pilares. Las considera así distintas a las zapatas combinadas, que son aquellas que recogen dos pilares. Esta distinción es objeto de debate puesto que una zapata combinada puede soportar perfectamente tres pilares (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010).

Zapatas combinadas

Una zapata combinada es un elemento que sirve de cimentación para dos o más pilares. En principio las zapatas aisladas sacan provecho de que diferentes pilares tienen diferentes momentos flectores. Si estos se combinan en un único elemento de cimentación, el resultado puede ser un elemento más estabilizado y sometido a un menor momento resultante (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010).

Losas de cimentación

Una losa de cimentación es una zapata combinada que cubre toda el área que queda debajo de una estructura y que soporta todos los muros y columnas. Cuando las cargas del edificio son tan pesadas o la presión admisible en el suelo es tan pequeña que las zapatas individuales van a cubrir más de la mitad del área del edificio, es probable que la losa corrida sea más económica que las zapatas. Las losas de cimentación se proyectan como losas de concreto planas y sin nervaduras. Las cargas que obran hacia abajo sobre la losa son las de las columnas individuales o las de los muros. Si no hay una distribución uniforme de las cargas de las columnas o bien el suelo es tal que pueden producirse grandes asentamientos diferenciales, las losas deben reforzarse para evitar deformaciones excesivas. La forma de refuerzo es simplemente utilizando muros divisorios como nervaduras de vigas T conectadas a la cimentación, o bien usando marcos rígidos o haciendo celdas con trabes y contra trabes, es entonces cuando se forman los llamados cajones de cimentación (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010).

En el gráfico 4 se muestran representaciones de losas de cimentación.

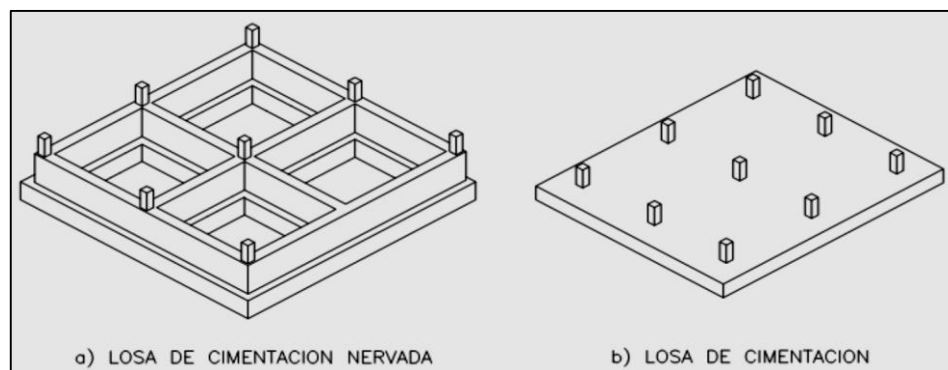


Gráfico 4: Losas de cimentación

Fuente: (Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, 2010)

2.6 PRUEBAS DE LABORATORIO: SUELO-CEMENTO Y HORMIGON POBRE

CONTROL DEL CALIDAD DE RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA (SUELO CEMENTO FLUIDO Y HORMIGÓN POBRE)

Tanto en el suelo-cemento como en el hormigón pobre (rellenos fluidos), se deben realizar los mismos ensayos o pruebas, lo único que varía es la composición particular de cada uno.

En el artículo de “Manual de Elaboración, Colocación y Control de Calidad de Suelo Cemento Fluido” se menciona que al ser materiales de uso en la construcción se debe respaldar el uso que se les da con un control de calidad específico estipulado en las Normas ACI y ASTM. (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

El control de calidad aplicado a las mezclas de Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) varía de acuerdo con la experiencia previa, aplicación, materiales utilizados en la mezcla, y nivel de calidad deseado.

Un programa de control de calidad puede ser tan simple como una inspección visual de todo el trabajo cuando se emplean mezclas normalizadas y ensayadas y el trabajo es relativamente pequeño.

Cuando se hace una aplicación crítica, el volumen a colocar es considerable, no se tienen registros de la mezcla a utilizar, los materiales utilizados en la mezcla no están normalizados, o cuando la uniformidad de la mezcla es cuestionada, es apropiado entonces efectuar ensayos de consistencia y resistencia.

Las propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido, pueden ser medidas para evaluar la consistencia y desempeño de la mezcla.

Se sugiere que en la mayoría de proyectos donde se utilicen estos materiales, se debe realizar un diseño de mezcla y realizar los ensayos previos de fluidez, peso unitario, resistencia, tiempo de aplicación de carga.

Una vez realizado el programa de ensayos previos, definir que ensayos de campo deberán realizarse.

Es responsabilidad del que realiza las especificaciones técnicas y del productor de RFRC, determinar y cumplir con un plan de control de calidad adecuado para la mezcla a colocar.

Los ensayos a realizar en mezclas en estado fresco, dependen de las características de los materiales utilizados en la elaboración de la mezcla, así como también de la consistencia requerida.

Algunos de esos ensayos se exponen a continuación:

Prueba de Revenimiento de Mezcla de Relleno Fluido de Resistencia Controlada (ASTM C-143)

Se realiza el ensayo de revenimiento, el cual consiste en llenar un molde (cono de Abrams), con una muestra de Relleno Fluido Resistencia Controlada (RFRC) y medir el asentamiento que experimenta al quitar el molde.

La prueba del Revenimiento se realiza de la siguiente manera:

- Se toma una muestra de suelo-cemento fluido u hormigón pobre.
- Se llena el cono de Abrams (de 30 cm. de alto, 20 cm. de diámetro en la base mayor y 10 cm. de diámetro en la base menor), a diferencia de la prueba que se le realiza al concreto que se llena con tres capas de la mezcla compactando

con una varilla de hierro; la mezcla de RFRC por su propiedad de fluidez se llena hasta llenar el cono (no necesita varillarse) (Ver gráfico 5)



Gráfico 5: Llenado del Cono de Abrams

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

- Una vez lleno, se enrasa el borde superior e inmediatamente se levanta en forma vertical (Ver gráfico 6)
- Luego se mide el asentamiento del RFRC (Ver gráfico 7)



Gráfico 6: Levantamiento del Cono de Abrams

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)



Gráfico 7: Medición del Levantamiento

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

- Este ensayo es sugerido para medir la consistencia de mezclas de RFRC que contengan partículas mayores a $\frac{3}{4}$ de pulgada, y para mezclas con una consistencia menores a 8 pulgadas.

- En mezclas muy fluidas, este método no es aplicable, ya que el mismo material confina lateralmente el material de la zona central, tendiendo a frenar dicha fluidez.

Preparación y Ensayo de Especímenes Cilíndricos de RFRC (ASTM D4832)

Este método cubre los procedimientos para la preparación, curado, transporte y ensayo de especímenes cilíndricos para la determinación de la resistencia a compresión. Generalmente, la resistencia a compresión en el diseño de mezcla es considerada a los 28 días. Como control en el campo se especifica a 7 días. Esta práctica explica el procedimiento para obtener una muestra representativa para ensayo en una mezcla fresca de RFRC como se entrega en el sitio del proyecto.

Para fabricar cilindros de suelo-cemento fluido u hormigón pobre, se realiza con agregado grueso no mayor de 5cm; cuando la mezcla contenga partículas de tamaño mayor que la dimensión indicada deben ser retiradas antes del ensayo.

Los moldes a utilizar para los especímenes pueden ser de varios tamaños:

- a) Tamaño estándar son cilindros con un diámetro de 15 ± 0.2 cm, y con una altura de 30 ± 0.2 cm.
- b) Tamaño menores en este caso se debe conservar una relación de altura/diámetro= 2 (relación de esbeltez).
- c) Moldes cúbicos se pueden utilizar como los usados para las pruebas a los cementos hidráulicos y a los morteros usados en mampostería.

Procedimiento a seguir para elaborar los especímenes:

- 1) Al molde y su base se le debe de colocar una capa de aceite antes de usarlo, esto sirve para lubricar y facilitar el desmoldado.
- 2) El molde se coloca sobre una superficie horizontal, rígida y nivelada libre de vibraciones; Los especímenes deben ser preparados en un lugar tan cercano como sea práctico donde serán almacenados durante los primeros cuatro días. Mezcle completamente el RFRC en el recipiente de muestreo y mezclado.
- 3) Con un balde o pala, cucharones ponga el RFRC dentro del molde cilíndrico. Repita hasta que el molde esté lleno sin varillarse (Ver gráfico 8)



Gráfico 8: Proceso de llenado de los cilindros

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

- 4) Usando una cuchara de albañil o la varilla se enrasa la superficie del cilindro (Ver gráfico 9)



Gráfico 9: Enrasado de los cilindros

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

5) Finalmente se almacenan los cilindros en el sitio de construcción hasta el cuarto día después de la preparación (Ver gráfico 10)

6) Se desmoldan al 4to día y se colocan en una superficie firme y nivelada libre de vibración.

Los cilindros deberán ser almacenados bajo condiciones que mantengan la temperatura inmediatamente adyacente a los cilindros en el rango de 16 a 27° C. Después del primer día, proporcione una humedad ambiental alta, cubriendo los cilindros con papel periódico húmedo u otro material altamente absorbente (Ver gráfico 11)



Gráfico 10: Curado de Cilindros

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)



Gráfico 11: Fase final de los cilindros

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

Prueba a compresión de los cilindros del Relleno Fluido de Resistencia Controlada (ASTM C 39 / C 39M)

El ensayo de la resistencia a la compresión se realiza basándose en la norma ASTM C-39, los cilindros de suelo cemento fluido u hormigón pobre se ensayan a los 28 días con el objeto de obtener la resistencia.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de cualquier mezcla a carga axial.

Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo $f'c$. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas de especímenes de suelo cemento fluido u hormigón pobre. La resistencia del RFRC puede ser medido por varios métodos. Los más comunes son los ensayos de resistencia a compresión no confinada.

Algunos métodos de ensayo de la ASTM que realizan son:

- ASTM D4832 “Preparación y Ensayo de Especímenes Cilíndricos de RFRC” Este ensayo se usa para preparar cilindros y determinar la resistencia a la compresión de Rellenos Fluidos endurecidos.
- ASTM D6024 “Caída de Bola en RFRC para determinar convenientemente la Aplicación de Carga”.

Procedimiento empleado para el Ensayo de Resistencia a la Compresión:

- Se pesan los especímenes, se mide la altura y el diámetro del cilindro.
- Se coloca el bloque de carga inferior con su cara endurecida hacia arriba sobre la placa de la máquina de ensayo (Ver gráfico 12)
- Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro del cabezal del bloque con asiento esférico

- Aplicar la carga continuamente y sin golpe a una razón constante de tal forma que el cilindro no falle en menos de 2 min. No hacer ajustes en

Los controles de la máquina de ensayo cuando un espécimen está cediendo rápidamente antes de la falla.

- Aplicar la carga hasta que el espécimen falle y luego se registra la carga máxima expresada en kg/cm^2 (Ver gráfico 13)



Gráfico 12: Máquina empleada para ruptura de cilindros probados a compresión

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)



Gráfico 13: Fallas de los cilindros

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

Capítulo 3 : ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO

3.1 METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE RELLENOS CON SUELO-CEMENTO Y HORMIGÓN POBRE

Para poder ejecutar una buena comparación técnica-económica se deben tomar en cuenta algunos factores y analizarlos para así poder elegir la mejor alternativa y desarrollar el proyecto, utilizando siempre el criterio de que toda obra por más pequeña que sea debe desarrollarse con la mejor técnica, a un costo razonable y en el menor tiempo posible.

A continuación se muestra un diagrama donde se explica de manera general la metodología a seguir de los rellenos con suelo-cemento y hormigón pobre para los tres casos que se han planteado y donde se hace viable su utilización.

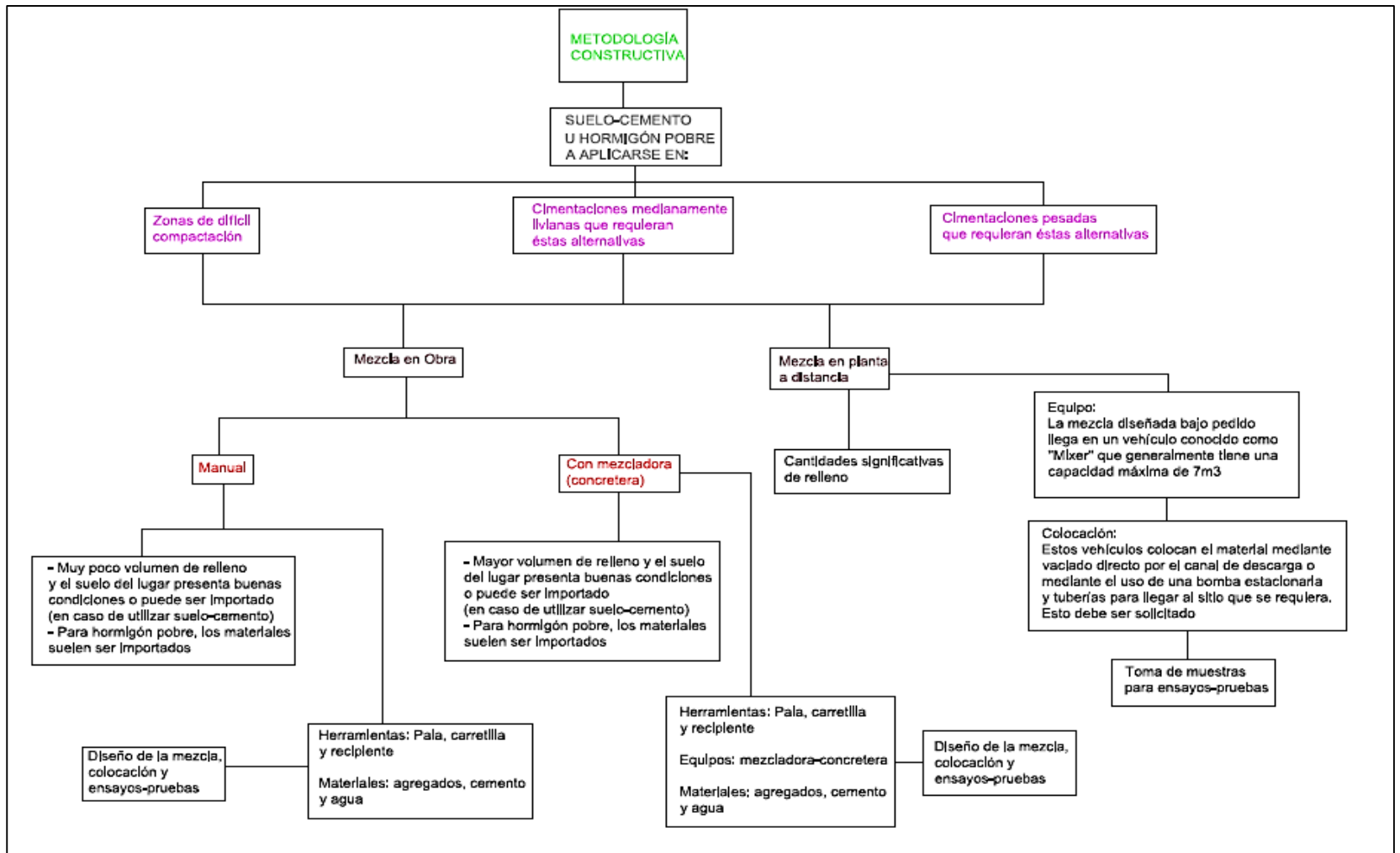


Gráfico 14: Metodología Constructiva

Fuente: Autor

El diagrama de la metodología mostrado es sencillo y se lo explicará a continuación:

Tanto el suelo-cemento como el hormigón pobre utilizados como materiales de sustento, es decir materiales que servirán como relleno para los casos mostrados, tienen una metodología muy similar por lo que el diagrama está unificado.

La única diferencia que existe y que es muy evidente es la composición particular de cada material. El suelo-cemento fluido como su nombre indica contiene suelo, por lo que su fabricación es diferente y lógicamente puede tener varias combinaciones dependiendo del suelo que se vaya a usar. El hormigón pobre es una mezcla más sencilla debido a que sus componentes son menos, pero en grandes cantidades resulta más costoso y el análisis económico se explicará más adelante.

Una vez creados estos materiales la metodología a seguir es la misma y se la explicará más detalladamente.

Se trata de dos cimentaciones superficiales y un caso especial donde se efectúen rellenos de difícil compactación, como se muestra en el diagrama en color violeta.

La elaboración tanto del suelo-cemento fluido como el hormigón pobre se puede realizar de diferentes maneras, pero estas dependen de la cantidad (volumen), el espacio y el equipo disponible al momento de realizar la mezcla.

Existen básicamente tres métodos de elaboración por medio de los cuales se puede mezclar y colocar estos materiales

Son:

Mezcla en Obra

Elaboración manual o con mezcladora-concretera.

Mezcla en planta a distancia

Con camión Mezclador (Mixer).

DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO

El diseño de una mezcla de suelo-cemento fluido puede hacerse en campo (manual o con concretera) utilizando métodos de experiencia, lo que resulta beneficioso en cuanto a la técnica constructiva, ya que el diseño se lo puede hacer de forma similar a lo que corresponde a una mezcla de hormigón en sitio basándose en las prácticas de dosificaciones en obra.

Evidentemente se puede catalogar a este tipo de mezclado en obra como un poco informal y más práctico, a diferencia de una mezcla elaborada en planta donde se analizan muchos más parámetros y demás características de éstos materiales para poder brindar un producto de calidad y garantizado. Esto no quiere decir que el mezclado en obra no sea un producto de calidad, todo depende de una buena dirección técnica y contar con todo lo necesario para poder hacerlo de la mejor manera, y sin importar los métodos y procedimientos usados, el criterio principal es que el Suelo-Cemento Fluido sea uniforme, consistente y cumpla con los requisitos del proyecto. Resulta mejor si se cuenta con experiencia y datos de desempeños previos.

El diseño de un suelo-cemento fluido sigue métodos y procedimientos del ACI y no es parte de este trabajo explicar toda la sistemática y normativas a seguir, ya que lo que se trata es explicar de manera general la metodología constructiva de forma más empírica tanto del suelo-cemento como el hormigón pobre, más no de explicar el diseño de cada material de una forma más

profunda y científica, que más bien se desarrollaría en el campo de tecnología de materiales e investigación de suelos.

La decisión de elegir sobre cómo se hará el diseño de la mezcla depende del tipo de obra, ubicación de la obra, la ubicación del relleno, la cantidad a rellenar y primordialmente de las exigencias del proyecto.

EJEMPLO DE DISEÑO DE UNA MEZCLA DE SUELO-CEMENTO FLUIDO ELABORACIÓN EN OBRA DE FORMA MANUAL

Como se indica en el diagrama resulta más conveniente realizar el mezclado en obra de forma manual si el volumen a rellenar es bastante pequeño y si el suelo del lugar es óptimo para ejecutar el diseño, sino también se puede importar el material de una cantera.

En cuanto a la elaboración manual, como su nombre indica, elaborado con las manos, éste método no es muy recomendable aun cuando el volumen es mínimo, debido a que la mezcla no queda tan homogénea y las razones son evidentes, pero si no se tiene el espacio suficiente ni el equipo en obra, ésta es una alternativa que para su correcta ejecución debe ser supervisada por un técnico.

Herramientas:

Se utilizan herramientas varias tales como: Pala, carretilla, y recipientes (baldes o canecas, parihuelas, dumper normal o artesanal para acarreo)

El recipiente que se utiliza para manejar las dosificaciones en nuestro medio se lo conoce con el nombre de "Parihuela", recipiente que habitualmente se lo hace con madera y la medida tradicional es de 40x40x22 cm, lo que da como

resultado un volumen de 0,036 m³ y ésta es la cantidad que tiene un saco de cemento (50 kg) y sacos de agregados de arena y piedra de acuerdo a la dosificación y que generalmente tienen el mismo volumen de una parihuela colocando el material a ras.

De igual manera para controlar la cantidad de agua que se coloca en la mezcla o para verter la mezcla en el lugar deseado es muy frecuente utilizar por costumbre recipientes plásticos que los obreros suelen llamarle “Caneca”, recipiente de 5 galones de capacidad (19 litros).

ILUSTRACIONES DE LAS HERRAMIENTAS:



Gráfico 15: Dumper para acarrear material

Fuente: (Imágenes de Google)

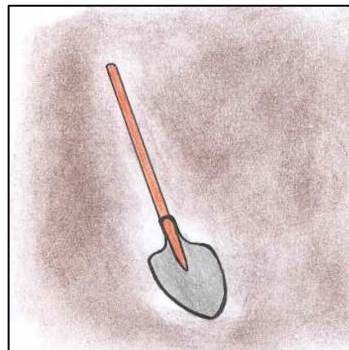


Gráfico 16: Pala

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

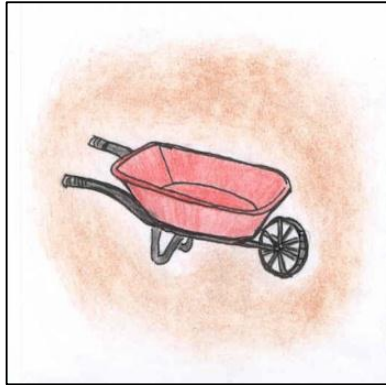


Gráfico 17: Carretilla

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

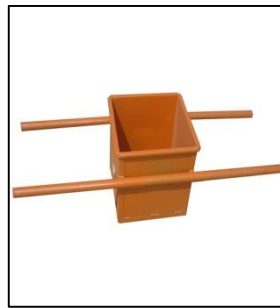


Gráfico 18: Parihuela

Fuente: (Imágenes de Google)

Materiales: suelo, cemento y agua.

ILUSTRACIONES DE LOS MATERIALES:



Gráfico 19: Cemento

Fuente: (Imágenes de Google)



Gráfico 20: Agua

Fuente: (Imágenes de Google)



Gráfico 21: Suelo

Fuente: (Imágenes de Google)

Procedimiento del diseño de forma empírica:

A partir de desempeños previos de mezclas realizadas en obra se conoce las siguientes dosificaciones y cantidades de agua requeridas:

Tabla 1

Tipo de Suelo	Dosificación	Tipo de cemento	Resistencia a la compresión promedio a los 28 días (kg/cm ²)
Arena limosa	1:5	Cemento TIPO GU	45 kg/cm ²
Arena limosa	1:10	Cemento TIPO GU	21 kg/cm ²

Tabla 1: Resistencia a la compresión promedio a los 28 días

Fuente: Autor

Tabla 2

Tipo de Suelo (estado seco)	Dosificación	Tipo de cemento	Cantidad de agua requerida en litros por m ³ (aprox.)
Arena limosa	1:5	Cemento TIPO GU	160 litros
Arena limosa	1:10	Cemento TIPO GU	150 litros

Tabla 2: Cantidad de agua requerida en litros por metro cúbico

Fuente: Autor

- *Si se utiliza como material Arena limosa en proporción 1:10, lo que significa una resistencia a compresión promedio de 21 kg/cm², utilizando un cemento de para la construcción en general de tipo GU, los pasos a seguir son los siguientes:*

Nota: en los ejemplos siguientes no se utilizarán aditivos

- Se preparan los materiales en el lugar donde se hará la mezcla, se trata de colocar los materiales que se emplean en la fabricación del Suelo Cemento Fluido lo más cerca posible del lugar donde se colocará la mezcla. Es preferible utilizar materiales secos para poder llevar un mejor control de la cantidad de agua.



Gráfico 22: Preparación de la mezcla en obra de suelo cemento fluido u hormigón pobre

Fuente: (Viera Estrada Ana Laura, 2016)

- Se debe cubicar la cantidad de suelo necesaria con la finalidad de determinar la cantidad de cemento y cumplir con la dosificación establecida, así también se debe de tener en cuenta el volumen de material que el personal puede elaborar.
- Para una proporción de 1:10 (1 saco de cemento por 10 sacos/parihuelas de Suelo) haciendo la mezcla manualmente se puede hacer de las siguientes maneras:
- Si el suelo a utilizar se encuentra en la misma obra (suelo excavado), lo ideal sería apilar este suelo en un lugar no muy lejano de donde se

realizará la mezcla e ir llenando con las palas, los sacos o parihuelas según como resulte más conveniente y acarrearlos al sitio para el mezclado, como se muestra en la fig. 3.1. Se efectúa lo mismo si el suelo es importado de cantera, es decir que el volquete descargue el material en el sitio preestablecido.

- También se puede hacer utilizando carretillas y así es más rápido. Las carretillas generalmente tienen una sección trapezoidal de un volumen de 0,072 m³ que nos da exactamente el volumen de 2 parihuelas.
- Una vez hecho esto se procede a llenar la carretilla con pala utilizando directamente el material apilado, entonces para la dosificación requerida de 1:10, lo que resulta evidente por la explicación anterior, es colocar 1 saco de cemento por 5 carretillas con suelo enrasadas. De igual manera se acarrea el material al sitio para realizar la mezcla.
- Con las dos formas se procede a mezclar los materiales hasta obtener una masa homogénea, el agua se agrega por partes, teniendo cuidado de que no se formen grumos.
- Luego se procede a tomar el revenimiento de la mezcla de Suelo Cemento Fluido con el cono de Abrams. Si el valor está dentro del rango requerido se procede a su colocación. El revenimiento que se utiliza para que la mezcla sea fluida es entre 20-25 cm.
- Cuando el revenimiento es menor del requerido se debe agregar agua hasta obtener el valor deseado. Caso contrario en el cual el revenimiento es mayor, se debe hacer siempre la corrección agregando más suelo y

cemento teniendo el cuidado de no alterar la relación agua/cemento, hasta obtener el revenimiento requerido.

- Una vez elaborada la mezcla, se la coloca en baldes para llevarla al sitio del relleno o también se puede utilizar un dumper artesanal con la finalidad de acarrear un mayor volumen y si las condiciones del sitio de trabajo lo permiten.
- Se deben llenar cilindros para las pruebas de laboratorio. De acuerdo al volumen a rellenar, se tomarán las muestras de cilindros. Generalmente las especificaciones técnicas del proyecto indican la cantidad de muestras a tomar, también lo suele solicitar la fiscalización.

EJEMPLO DE DISEÑO DE UNA MEZCLA DE SUELO-CEMENTO FLUIDO ELABORACIÓN EN OBRA CON MEZCLADORA-CONCRETERA

Como se mencionó, es favorable el uso de una concretera cuando se requiere un volumen de relleno considerable y se tiene en obra el espacio suficiente para hacerlo.

Hay que tratar en lo posible de utilizar éste método, de manera más puntual, utilizar este equipo, si se ha decidido el mezclado en obra por la razones de que la mezcla tiene mayor homogeneidad.

Herramientas: Pala, carretillas y recipientes (parihuelas, baldes o canecas, dumper normal o artesanal para acarreo)

Equipo: mezcladora – concretera, bomba estacionaria de hormigón (si se requiere)

ILUSTRACIONES DE EQUIPOS:



Gráfico 23: Concretera

Fuente: (Imágenes de Google)



Gráfico 24: Bomba estacionaria

Fuente: (Imágenes de Google)

Materiales: suelo, cemento y agua.

Procedimiento del diseño forma empírica:

El procedimiento para la elaboración de la mezcla utilizando una concreteira es igual que la elaboración manual en lo concerniente a dosificación y al acarreo del material; la diferencia radica en el mezclado ya que éste lo hace la concreteira y como se mencionó, el resultado es mejor.

En nuestro medio, las concreteiras que se pueden conseguir son de 1 y 2 sacos; aunque se pueden importar del exterior concreteiras con más capacidad.

La concreteira de 1 saco tiene una capacidad efectiva de mezclado de 200 litros (0,20 m³) por lo que se debe trabajar con ésta capacidad para no sobre esforzar el equipo u ocasionar que el material se derrame durante el mezclado. La selección de la concreteira dependerá de la cantidad a rellenar y de la dosificación a utilizar.

En nuestro caso como se emplearán ejemplos de rellenos con volúmenes representativos y dosificaciones con grandes porciones de materiales, se debe utilizar como mínimo la concreteira de 2 sacos.

Si se usa el mismo ejemplo con arena limosa con proporción 1:10 (1 saco de cemento por 10 sacos de suelo), cuya resistencia promedio es de 21 kg/cm², hay que efectuar los mismos pasos, a diferencia que el material se va colocando en la concreteira, la misma que hará el mezclado.

Para ésta proporción como se mencionó es factible utilizar una concreteira para preparar hormigón de 2 sacos de cemento, ya que el volumen aproximado de ésta concreteira es de 0,45 m³.

Por lo que cada parada tendrá:

Dosificación: 1:10

Volumen de parihuela (40x40x22 cm) = 0,036 m³

Cantidad de cemento = 0,036 m³ = 1 saco

Cantidad de suelo= $10 \times 0,036 = 0,36 \text{ m}^3$

Cantidad de agua= +- 50 litros por cada parada (dato empírico aproximado)

Como se conoce, con suelo arena limosa y dosificación 1:10, se utilizará aproximadamente 150 litros de agua por cada metro cúbico.

Pasos a seguir para la preparación de la mezcla:

- 1) A la concreteira indicada, se la debe poner a funcionar con 40 litros de agua.
 - 2) Con la concreteira en movimiento se agrega las 10 partes de arena limosa (0,36 m³).
 - 3) Se agrega el saco de cemento.
 - 4) Se completa la parada con los 10 litros de agua.
 - 5) La persona encargada de observar la preparación del suelo-cemento fluido, es la que determinará si el volumen de agua colocado es el adecuado; ésta operación debe ser vigilada preferentemente por un técnico especializado en suelos.
- Cuando se observa que el material esta homogéneo, se verifica la consistencia de la mezcla, si está un poco seca se procede a agregarle agua, siempre verificando que la cantidad sea moderada y que no se afecte demasiado la relación agua/cemento (A/C) y cuidando de no sobrepasar el revenimiento requerido. (Normalmente este control lo hace el técnico especializado en suelos)

MEZCLA DE SUELO-CEMENTO FLUIDO CON CAMIÓN MEZCLADOR- MIXER

Generalmente, el solicitar productos en las plantas de concreto premezclado aumenta en gran magnitud los costos. Además de esto, las mezclas de suelo-cemento fluido diseñadas en plantas de concreto premezclado en nuestra ciudad tienen una particularidad y ésta es que en nuestro medio, las Empresas proveedoras de hormigón premezclado sólo fabrican mezclas con resistencia a la compresión a los 28 días, únicamente de 50- 60- 80 kg/cm², cuyos valores son muy altos que su aplicación se ajustaría en otras actividades y solamente en el caso de cimentaciones bajo edificaciones pesadas, ya que éstas pueden requerir un mayor esfuerzo.

Lo que se trata es de mejorar la capacidad del suelo y en términos de la presión de soporte permitida, la cual constituye un criterio de uso común para medir la capacidad de un suelo para soportar una carga baja, una resistencia de 3,5 a 7 kg/cm² es suficiente y equivale a un relleno bien compactado, como ya se ha mencionado, y utilizar altas resistencias a la compresión no es viable desde el punto de vista técnico y económico para el caso de rellenos en zonas de difícil compactación y en el caso de cimentaciones bajo edificaciones medianamente livianas.

La mayoría de las aplicaciones requieren resistencias de compresión de 21 kg/cm² o menos, lo cual en el contexto de concreto son muy bajas, sin embargo en el contexto de capacidad de carga de un suelo son muy elevadas.



Gráfico 25: Camión mezclador (Mixer)

Fuente: (Imágenes de Google)

DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN POBRE

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, resulta más sencillo elaborar una mezcla de hormigón pobre, principalmente en sitio, debido a que son menos los componentes y se pueden importar de una cantera con mayor facilidad, pero esto no quiere decir que sea menos costoso, más bien lo contrario ya que en la mayoría de los casos resulta más caro, sobretodo en grandes volúmenes. El costo incide en la composición de los materiales y éstos son más elevados.

Al igual que el suelo-cemento fluido, el hormigón pobre puede ser elaborado en sitio (manual o con concretera), aplicando los mismos criterios; pero como las resistencias de éste hormigón son muy bajas por razones explicadas en capítulos anteriores, éstos no se elaboran en las plantas de hormigón premezclado en nuestro medio. Sólo tienen la opción de Rellenos Fluidos.

La metodología a seguir en cuanto a la elaboración y diseño de una mezcla de hormigón pobre es exactamente la misma que para el suelo-cemento fluido como se indica en el diagrama.

A continuación se explica el diseño de una mezcla de hormigón pobre utilizando concretera y empleando conocimientos de ingenieros constructores que han aportado en el manejo de las dosificaciones para llegar a resistencias promedio.

EJEMPLO DE DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN POBRE ELABORACIÓN EN OBRA CON CONCRETERA

Dado que las dosificaciones utilizadas requieren gran cantidad de porciones de igual manera que en el suelo-cemento fluido, se debe utilizar concretas de alta capacidad. Se utilizará concretera de 3 sacos (capacidad promedio 0,65 m³).

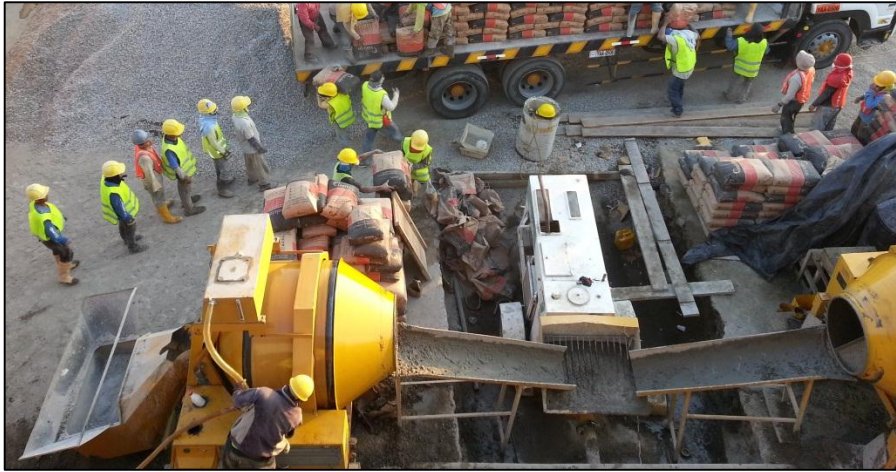


Gráfico 26: Concreteeras de 3 sacos (Alta capacidad)

Fuente: Tomada por autor “Obra Edificio Punta Pacífico” (Salinas-Ecuador)

Materiales: arena gruesa, piedra triturada en 3/4, cemento y agua.

ILUSTRACIONES DE MATERIALES:



Gráfico 27: Arena gruesa

Fuente: (Imágenes de Google)



Gráfico 28: Piedra triturada en 3/4"

Fuente: (Imágenes de Google)

De la misma forma se tienen dosificaciones basadas en desempeños previos y cantidades de agua requeridas que se muestran a continuación:

Tabla 3

Dosificación	Tipo de cemento	Resistencia a la compresión promedio a los 28 días (kg/cm²)
1:5:10	Cemento TIPO GU	45 kg/cm ²
1:6:12	Cemento TIPO GU	21 kg/cm ²

Tabla 3: Resistencia a la compresión promedio (mezclas de hormigón pobre)

Fuente: Autor

Tabla 4

Dosificación	Tipo de cemento	Cantidad de agua requerida en litros por m³ (aprox.)
1:5:10	Cemento TIPO GU	160 litros
1:6:12	Cemento TIPO GU	150 litros

Tabla 4: Cantidad de agua requerida en litros por metro cúbico

Fuente: Autor

Asumiendo una resistencia a la compresión promedio $f'c = 45 \text{ kg/cm}^2$, lo que resulta de una proporción 1:5:10 (1 saco de cemento, 5 sacos de arena gruesa y 10 sacos de piedra de cantera triturada en $\frac{3}{4}$ ").

Cada parada tendrá:

Dosificación: 1: 5: 10

Cemento= 0,036 m³

Arena= 0,036 x 5= 0,18 m³

Piedra= 0,036 x 10= 0,36 m³

Agua= +- 50 litros (dato empírico aproximado)

Pasos a seguir para la preparación de la mezcla:

- 1) A la concreteira indicada (3 sacos), se la debe poner a funcionar con 40 litros de agua.
 - 2) Con la concreteira en movimiento se agrega la arena (0,18 m³).
 - 3) Se agrega la piedra (0,36 m³).
 - 4) Se coloca el saco de cemento.
 - 5) Se completa la parada con los 10 litros de agua restantes.
 - 6) La persona encargada de observar la preparación del hormigón pobre, es la que determinará si el volumen de agua colocado es el adecuado; ésta operación debe ser vigilada preferentemente por un técnico especializado en suelos.
- Cuando se observa que el material está homogéneo, se verifica la consistencia de la mezcla, si está un poco seca se procede a agregarle agua, siempre verificando que la cantidad sea moderada y que no se afecte demasiado la relación agua/cemento (A/C) y cuidando de no

sobrepasar el revenimiento requerido. (Normalmente este control lo hace el técnico especializado en suelos).

SUELO-CEMENTO FLUIDO U HORMIGÓN POBRE A APLICARSE EN:

3.1.1 ZONAS DE DIFÍCIL COMPACTACIÓN

Este caso de zonas de difícil compactación se desarrollará en torno a Rellenos detrás de muros y a continuación se explica por qué resulta complicada su compactación.

Estos rellenos se deben colocar en espacios restringidos, por lo que resulta complicado la selección de equipos; los que principalmente se emplean para este tipo de rellenos son los compactadores pequeños, pisones manuales o vibro apisonadores (saltarina) (Los rellenos, 2016).

Los rellenos detrás de los muros se encuentran generalmente en zanjas profundas y angostas, por lo que el problema principal consiste en lograr hacer descender a los hombres (obreros) y el equipo hasta el área en que debe efectuarse el trabajo. Se pueden utilizar pisones manuales y otras máquinas similares. En la mayoría de los casos los ingenieros especifican que el relleno debe hacerse por medio de métodos mecánicos (Los rellenos, 2016).

Para realizar un relleno con palas en forma manual y llegar a una buena compactación se necesita energía y una gran cantidad de trabajo. La mayoría de las tierras no se compactan al caer a un agujero, ni mediante la inundación o mediante pisones manuales. Muy rara vez las condiciones del suelo son apropiadas para que la compactación mediante pisones manuales u otros compactadores den buenos resultados, sin embargo éste método sigue siendo muy utilizado, no obstante uno de los problemas principales es el asentamiento

ya que en circunstancias especiales, por ejemplo en suelos arenosos limpios, los rellenos se pueden compactar por medio de estos equipos. Sin embargo, en la mayoría de los casos se producen rellenos de baja densidad que casi siempre se asientan posteriormente, también se debe tomar en cuenta que el área a rellenar preferentemente esté limitada por muros, zanjas, de tal manera que el relleno quede completamente consolidado sin ninguna posibilidad de desmoronarse.

Otro problema que puede presentarse es la falla del sistema de drenaje ya que los muros deben ser impermeables por lo que llevan drenes al pie.

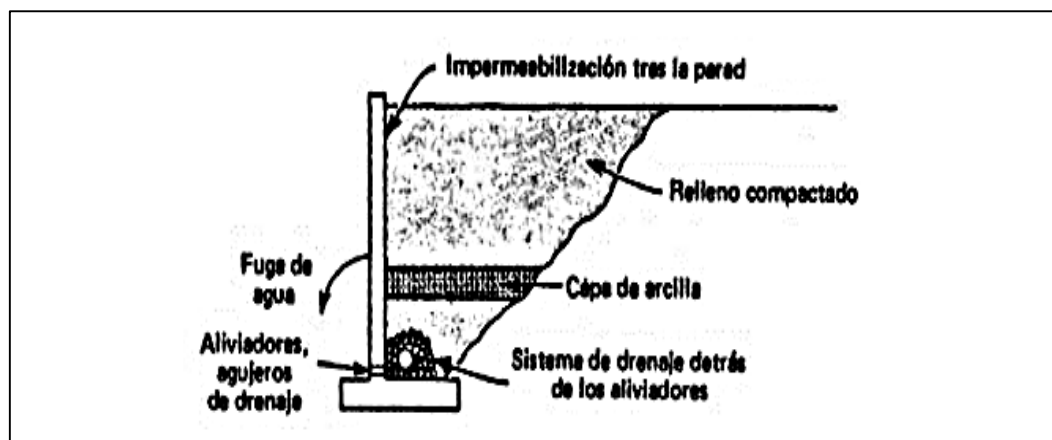


Gráfico 29: Falla del sistema de drenaje por relleno inadecuado

Fuente: (Los rellenos, 2016)

El relleno se coloca en capas y se compacta; sin embargo, el relleno compactado puede contener una capa de suelo limoso y arcilloso apisonado, como se muestra en el gráfico 29. Esa capa detendrá el flujo natural del descenso del agua, que se quedará estancada en el estrato de arcilla y debido a esto, el agua se acumulará sobre la capa de arcilla y puede encontrar alguna falla en la impermeabilización del muro, lo cual causaría que ésta se filtrara por la pared. Para evitar estos inconvenientes, es preferible forrar el tubo de drenaje

al pie del muro con una capa de piedra bola, piedra picada, arena gruesa y con geo textil para evitar que entren materiales finos al tubo, taponándolo.

Este tipo de problemas no ocurrirían si se utilizaran las mezclas de suelo-cemento fluido u hormigón pobre ya que como se explicó en capítulos anteriores son materiales muy nobles, con características y propiedades que permiten desarrollar un buen trabajo.

A continuación se tomará un ejemplo de un muro representativo para este tipo de rellenos y se utilizará arena limosa para el suelo-cemento fluido.

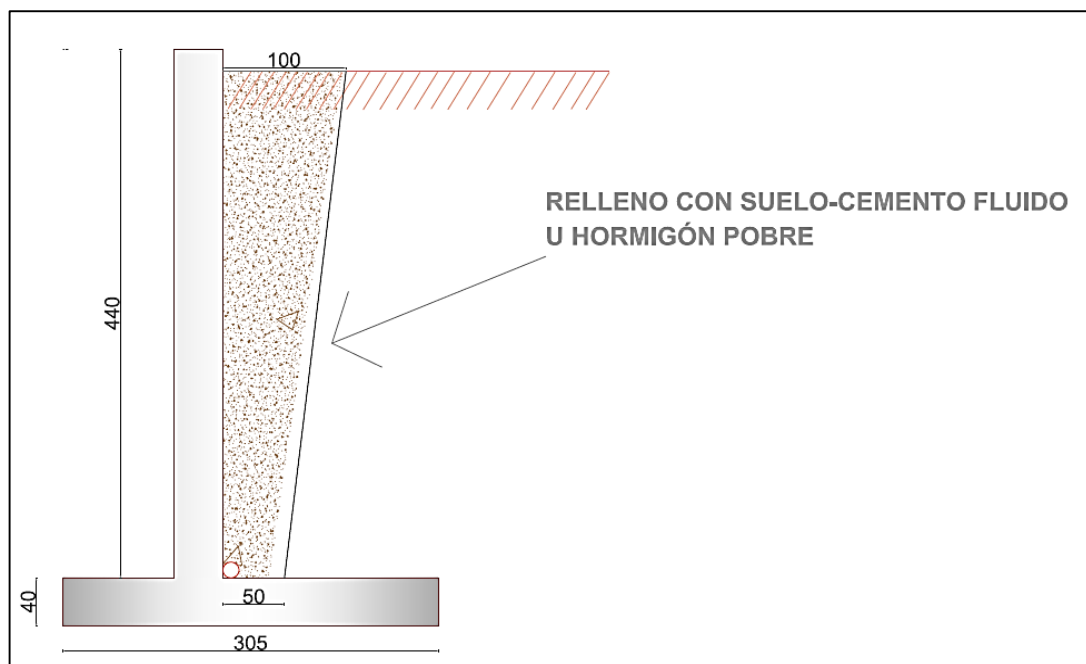


Gráfico 30: Muro de hormigón armado

Fuente: Autor

Dimensiones del muro:

Ancho de base: 3,05 m

Altura de base: 0,40 m

Altura total del muro: 4,80 m

Dimensiones del relleno:

Base menor del trapecio= 0,50 m

Base mayor del trapecio= 1,00 m

Altura= 4,40 m

Largo= 20 m

$$\text{Área} = \frac{\text{Base mayor} + \text{Base menor}}{2} \times h$$

$$\text{Área} = (0,50 + 1,00 / 2) \times h$$

$$\text{Área} = 3,30 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 3,30 \times 20 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de relleno} = 66,00 \text{ m}^3$$

Datos asumidos:

- Resistencia a la compresión promedio del relleno detrás del muro que deberá tener el suelo-cemento fluido u hormigón pobre a los 28 días, $f'c = 21 \text{ kg/cm}^2$.
- Tipo de suelo: arena limosa.
- Dosificación estimada para hormigón pobre= 1:6:12

La metodología a seguir en cuanto a la elaboración de estos materiales se explicó anteriormente.

A continuación se explicará una metodología constructiva general para el caso planteado.

Como se puede observar en el gráfico la altura del relleno es de 4,40 metros, la base al fondo del muro es de 50 cm y la base superior del relleno es de 1,00

metro, por lo tanto bajar maquinaria y obreros a éste embudo que se ha formado, es sumamente difícil por lo que se recomienda hormigonar o rellenar con el material motivo del presente estudio (suelo-cemento fluido vs hormigón pobre).

De igual manera se conoce de antemano que el muro de hormigón armado se encuentra completamente terminado y ha quedado un espacio por rellenar en forma de trapecio, con las dimensiones indicadas.

Utilizando suelo-cemento fluido (arena limosa) u hormigón pobre, se asume una resistencia a la compresión promedio $f'c = 21 \text{ kg/cm}^2$.

- Dosificación para suelo-cemento fluido= 1:10
- Dosificación para hormigón pobre= 1:6:12

Nota: Se utilizarán 2 concreteteras de 2 sacos para suelo-cemento fluido y 2 concreteteras de 3 sacos para el hormigón pobre.

Lo ideal para la ejecución del trabajo sería:

- 1) Ubicar las volquetadas de arena limosa o los agregados del hormigón pobre cada 5 m (el muro tiene 20 m de longitud).
- 2) Ubicar las concreteteras cada 5 m.
- 3) Ubicar en estos mismos sitios el cemento y los recipientes de agua.
- 4) Construir canaletas de madera con una boca ancha en la parte superior y una boca angosta en la parte inferior, en ésta canaleta se depositará la mezcla de suelo-cemento fluido u hormigón pobre.
- 5) Al fondo del muro y a un lado de donde cae el material deberán haber 3 obreros con palas para que repartan uniformemente este relleno.

- 6) Se lo hará en capas de 30 cm de altura hasta llegar a la parte alta del muro, mientras más suba el relleno, se incrementará el número de obreros para acelerar el proceso.
- 7) Se deben llenar cilindros para las pruebas de laboratorio. De acuerdo al volumen a rellenar, se tomarán las muestras de cilindros. Generalmente las especificaciones técnicas del proyecto indican la cantidad de muestras a tomar, también lo suele solicitar la fiscalización.

Tiempo estimado para ejecutar todo el trabajo de relleno para ambos materiales = 1 día

3.1.2 CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES MEDIANAMENTE LIVIANAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS

Tanto el suelo-cemento fluido como el hormigón pobre son materiales que sirven como rellenos estructurales como ya se ha mencionado. Pueden ser empleados como soporte de cimentación, debido a que la capacidad de soporte puede alcanzar valores mayores a los que se obtienen mediante rellenos con material standard compactado. En el caso de suelos débiles, estos materiales pueden distribuir la carga de la estructura sobre un área mayor.

Para estratos no nivelados o no uniformes bajo la base de la cimentación, estos materiales pueden proveer una superficie nivelada y uniforme. Los esfuerzos de compresión pueden variar dependiendo de los requisitos del proyecto.

Debido a su resistencia, estos materiales pueden reducir significativamente el espesor requerido de la capa. En el caso que se deba mantener el espesor de la capa, se puede disminuir su resistencia.

En este caso de cimentaciones medianamente livianas que requieran éstas alternativas, se ha tomado como ejemplo una situación donde existe un suelo débil (suelo de baja calidad), para transmitir la carga de la estructura sobre un área mayor, como se mencionó, ya que en ésta situación resulta viable la utilización de estos materiales debido a que gracias a sus propiedades pueden transmitir un menor esfuerzo a la cimentación y reducir los asentamientos.

El objetivo de utilizar estos materiales es transmitir incremento de área de contacto para baja capacidad y se lo hace con la idea de generar una cama rígida, ya sea de suelo-cemento fluido u hormigón pobre de tal manera que se repartan mejor las cargas.

Se tomó como ejemplo, de manera más puntual para desarrollar este caso, la construcción de un hotel que estará ubicado en La Garzota, del cual se consiguieron los planos estructurales y el estudio de suelos (Anexo 1 y 2).

A partir del estudio de suelo, se puede verificar que el suelo donde se hará la cimentación del edificio es de muy baja calidad. Se tiene arcilla con pintas de gravilla y arena fina; plástica color gris verdosa oscura de consistencia blanda, a una cota de -3,00 metros y tiene una resistencia de 0,47 kg/cm², y los estratos débiles se profundizan hasta más de 10 metros, por lo que el ingeniero de suelos recomienda excavar hasta la cota -2,95 m y colocar una capa de pedraplen de 40 cm y colocar relleno con cascajo importado y compactado en dos capas de 30 cm, es decir mejorar 1 metro; pero en este caso se puede reemplazar el relleno standard con suelo-cemento fluido u hormigón pobre por las razones explicadas anteriormente y se hará una relación de costos de éstas tres alternativas.

De igual manera el diseño de éstos materiales se explicó anteriormente, por lo que se explicará una metodología constructiva general para el caso planteado.

Con el plano que se adjunta se observa que el terreno tiene 800 m², con dos lados de 40 y 20 metros respectivamente y que limita hacia 3 calles.

Para el análisis se considerará un espesor de relleno de 60 cm, lo cual sería suficiente debido a la alta resistencia que pueden alcanzar estos materiales.

Por lo que:

- Volumen de relleno= 800 m² x 0,60 m = **480 m³**

- Volumen de relleno con material standard (material granular)=

Pedraplen= 800 m² x 0,40 m = **320 m³**

Cascajo importado= 800 m² x 0,60 m = **480 m³**

Total= 320 + 480 = **800 m³**

Utilizando suelo-cemento fluido (arena limosa) u hormigón pobre, se asume una resistencia a la compresión promedio $f'c = 21 \text{ kg/cm}^2$.

- Dosificación para suelo-cemento fluido= 1:10

- Dosificación para hormigón pobre= 1:6:12

Nota: Se utilizará 4 concreteras de 2 sacos para el suelo-cemento fluido y 4 concreteras de 3 sacos para el hormigón pobre.

Lo ideal para la ejecución del trabajo sería:

- 1) En la longitud de 40 m, deberá apilarse el cemento y los agregados, preferentemente cada 10 m a fin de que quede espacio suficiente para 2 concreteras por cada tramo de 20 m.
- 2) Utilizando un espesor de 60 cm, la cota de relleno estará a -2,55 m, con respecto al nivel 0,00 (nivel de la calle), por consiguiente para que el material no se disperse se debe construir una canaleta de madera con una boca ancha en la parte superior y una boca angosta en la parte inferior, en

ésta canaleta se depositará la mezcla de suelo-cemento fluido u hormigón pobre.

- 3) Con tablonés resistentes y en el fondo del suelo a rellenar se construirá un camino lo suficientemente ancho y resistente para que pueda transportarse el material con el dumper.
- 4) El material caerá directamente sobre el dumper artesanal y será transportado en la distancia menor (20 m), hacia el fondo del solar en donde se lo depositará, 4 obreros acomodarán el material en los 5 metros de ancho de las franjas que se rellenarán, 2 obreros por lado.
- 5) Se lo hará en 2 capas de 30 cm cada una.
- 6) Una vez que la mezcla de suelo-cemento fluido u hormigón pobre haya sido colocada uniformemente, se puede utilizar albañiles que con reglas y paletas darán la adecuada nivelación al relleno.
- 7) Se deben llenar cilindros para las pruebas de laboratorio. De acuerdo al volumen a rellenar, se tomarán las muestras de cilindros. Generalmente las especificaciones técnicas del proyecto indican la cantidad de muestras a tomar, también lo suele solicitar la fiscalización.

Tiempo estimado para ejecutar todo el trabajo de relleno para ambos materiales
= 5 días

3.1.3 CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES PESADAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS

Para este caso de cimentaciones bajo edificaciones pesadas que requieran éstas alternativas, se tomó como ejemplo, una situación donde a partir de un estudio de suelo se determinó que el suelo sólido, duro o roca de forma muy irregular se encuentra a una profundidad no mayor a 2 metros. Debido a que un relleno standard compactado soporta una capacidad entre 12 y 15 ton/m², no es factible

para una edificación de gran peso a diferencia del suelo-cemento fluido u hormigón pobre pueden llegar a capacidades de soporte muchos mayores dependiendo del requerimiento y los esfuerzos producidos por la estructura se transmiten al estrato duro y resistente, logrando un trabajo de calidad.

En este caso el objetivo de utilizar estos materiales es transmitir alta resistencia o alto esfuerzo de contacto.

Para éste caso he tomado un plano de cimentación de un edificio (Anexo 3), el mismo que tiene una gran área y por ende el volumen a rellenar es significativo.

En el plano adjuntado se observa el área de cimentación, la cual es:

$$A= 31,20 \text{ m} \times 96,60 \text{ m}$$

$$A= 3013,92 \text{ m}^2$$

Una vez obtenida el área a rellenar se debe calcular el volumen por lo que a continuación se mostrará un corte esquemático del terreno para poder calcular el volumen de relleno:

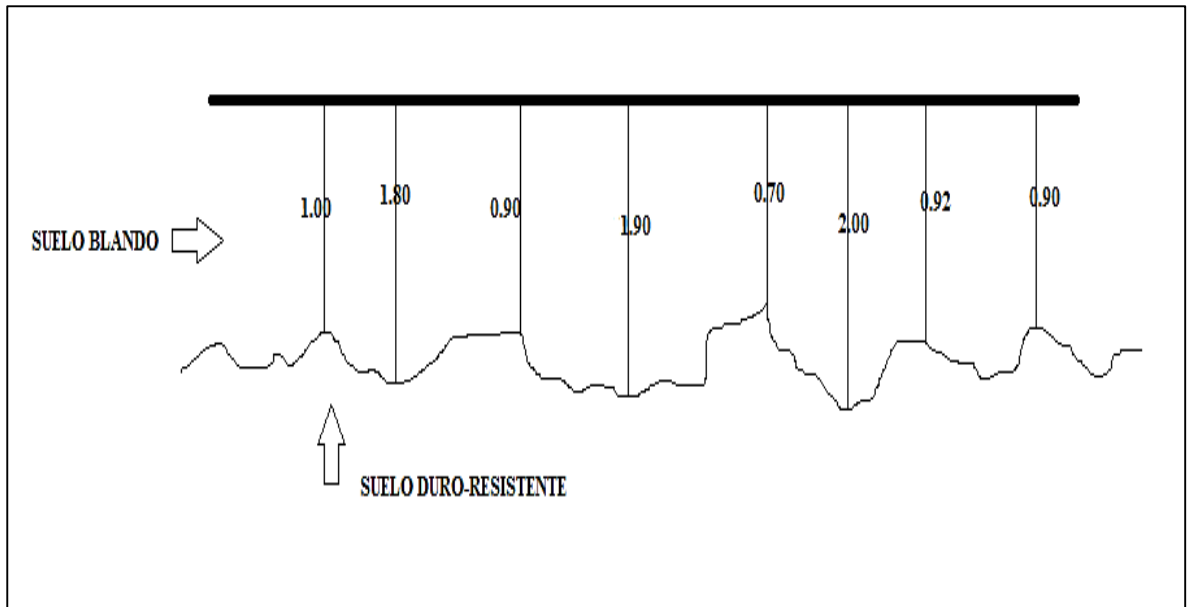


Gráfico 31: Corte esquemático del terreno

Fuente: Autor

Por lo tanto:

- Determinación de cota promedio= $1.00+1.80+0.90+1.90+0.70+2.00+0.92+0.90 / 8 = 1,27 \text{ m}$
- Se redondea en 1,30 m

Volumen de relleno= $3013,92 \times 1,30 = \mathbf{3918,10 \text{ m}^3}$

Utilizando suelo-cemento fluido (arena limosa) u hormigón pobre, se asume una resistencia a la compresión promedio $f'c = 45 \text{ kg/cm}^2$

- Dosificación para suelo-cemento fluido= 1:5
- Dosificación para hormigón pobre= 1:5:10

Nota: Para aligerar el proceso constructivo, he considerado utilizar 4 concreteras de 3 sacos y una bomba estacionaria de hormigón.

Lo ideal para la ejecución del trabajo sería:

- 1) Se colocarán 2 concreteteras de cada lado de la bomba de hormigón, ya que el volumen de preparación éstos materiales será de 1,5 m³ cada 5 minutos, por consiguiente el volumen que producen las concreteteras es relativamente bajo considerando un caudal máximo de bombeo de 54 m³/h, partiendo de una bomba SP 1000, contra nuestro volumen de preparación que será de 15 m³/h. Un equipo de personal se encargará del funcionamiento de 2 concreteteras y otro personal de las otras 2.
- 2) La bomba se ubicará para facilitar la preparación de las mezclas en un nivel de 80 cm más bajo del nivel donde se instalarán las concreteteras.
- 3) El vaciado de las mezclas de hormigón pobre o suelo-cemento fluido de las concreteteras deberá ser hacia unas canaletas inclinadas que las llevarán a la bomba.
- 4) La tubería que transporta los materiales se colocará sobre los mismos niveles de fundición ya que como se sabe el tramo final de ésta tubería es una manguera de caucho de 6 metros, de 3 y a veces 4 pulgadas, que los obreros manipulan para ubicar el hormigón en la parte deseada.
- 5) Una vez que la mezcla de suelo-cemento fluido u hormigón pobre haya sido colocada uniformemente, se puede utilizar albañiles que con reglas y paletas darán la adecuada nivelación a al relleno.
- 6) Se deben llenar cilindros para las pruebas de laboratorio. De acuerdo al volumen a rellenar, se tomarán las muestras de cilindros. Generalmente las especificaciones técnicas del proyecto indican la cantidad de muestras a tomar, también lo suele solicitar la fiscalización.

Tiempo estimado para ejecutar todo el trabajo de relleno para ambos materiales
= 12 días

3.2 EXPLICACIÓN GENERAL DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIO: RELLENOS CON SUELO-CEMENTO Y HORMIGÓN POBRE

Como su nombre lo indica, muestra detalladamente el valor de cada unidad de trabajo y de los elementos que la constituyen. Es la mejor herramienta para analizar cada elemento y buscar su optimización desde el punto de vista de mejorar rendimientos y reducir costos.

De manera más precisa un análisis de precios unitarios es el costo de una determinada actividad por la unidad de medida seleccionada. En este caso la unidad es m³ (metro cúbico), unidad que siempre se utiliza para cuantificar rellenos.

El análisis de precios se compone de equipos, materiales, mano de obra y transporte.

En la sección de equipos, se debe definir el tipo de equipo, la cantidad, tarifa, costo/hora, rendimiento y costo final. Para efectuar un análisis correcto se debe conocer la cantidad (m³) que se va a trabajar (rellenar) para en base a éste valor poder calcular lo que se requiere, principalmente los rendimientos y llegar al valor final.

Por experiencias de constructores y profesionales expertos en estudio de suelos, calculistas, e ingenieros geotécnicos, he tomado como referencia los rendimientos aproximados para determinar los costos unitarios de cada caso. Como se sabe, normalmente los rendimientos pueden variar de acuerdo al grado de dificultad y a las condiciones de trabajo que se presenten.

En la sección mano de obra, se debe definir el tipo de mano de obra, cantidad, jornal/hora, costo/hora, rendimiento y el costo final.

En la sección de materiales, se debe definir el tipo de material, la unidad, cantidad, precio unitario y costo final.

En la sección de transporte, se debe definir el tipo de transporte, la unidad, la cantidad, la tarifa y el costo final.

Una vez calculada cada sección del análisis de precios unitarios, se deben sumar estos 4 valores y se obtiene un subtotal que corresponde a los costos directos.

Luego se debe agregar los costos indirectos, los cuales generalmente se calculan en base a porcentajes del costo directo. Finalmente se suman estos 2 valores y se obtiene el costo final total del rubro, conocido como Precio Unitario.

3.2.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA RELLENOS EN ZONAS DE DIFÍCIL COMPACTACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZONA DE DIFÍCIL COMPACTACIÓN (RELLENOS DETRÁS DE MUROS)

RUBRO: RELLENO CON SUELO CEMENTO FLUIDO (ARENA LIMOSA) f'c= 20 Kg/cm2					UNIDAD M3
EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,10	0,06
Concreteira de 2 sacos	2,00	5,00	10,00	0,17	1,70
SUBTOTAL EQUIPOS (M)					1,76
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra	1	5,00	5,00	0,15	0,75
Peones	12	3,26	39,12	0,15	5,87
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					6,62
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	
Descripción		A	B	C=A*B	
Arena limosa (dosificación 1:10)	m3	0,90	10,25	9,23	
Cemento	saco	2,00	6,67	13,34	
Agua	m3	0,15	2,20	0,33	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					22,90
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Descripción		A	B	C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)					31,28
IMPREVISTOS				2%	0,63
ADMINISTRACIÓN				10%	3,13
DIRECCIÓN TÉCNICA				13%	4,07
Sumatoria indirectos					7,82
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 39,09

Volumen total= 66 m3 (véase en página 81)

COSTO FINAL TOTAL= 66 X 39,09 = \$ 2.595,12

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
ZONA DE DIFÍCIL COMPACTACIÓN (RELLENOS DETRÁS DE MUROS)**

RUBRO: RELLENO CON HORMIGÓN POBRE f'c= 20
Kg/cm2

UNIDAD M3

EQUIPOS Descripción	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,10	0,06
Concreteira de 3 sacos	2,00	12,50	25,00	0,14	3,50
SUBTOTAL EQUIPOS (M)					3,56
MANO DE OBRA Descripción	CANTIDAD A	JORNAL/HORA B	COSTO/HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	TOTAL D=C*R
Maestro de Obra	1	5,00	5,00	0,15	0,75
Peones	12	3,26	39,12	0,15	5,87
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					6,62
MATERIALES Descripción	UNIDAD	CANTIDAD A	P.UNITARIO B	P.TOTAL C=A*B	
Cemento	saco	1,80	6,67	12,01	
Arena gruesa	m3	0,25	15,00	3,75	
Piedra 3/4"	m3	0,50	20,00	10,00	
Agua	m3	0,15	2,20	0,33	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					26,09
TRANSPORTE Descripción	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)					36,27
IMPREVISTOS				2%	0,73
ADMINISTRACION				10%	3,63
DIRECCION TECNICA				13%	4,71
Sumatoria indirectos					9,07
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 45,33

Volumen total= 66 m3 (véase en página 81)

COSTO FINAL TOTAL= 66 X 45,33 = \$ 3.006,96

3.2.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES MEDIANAMENTE LIVIANAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS CIMENTACIÓN BAJO EDIFICACIÓN MEDIANAMENTE LIVIANA (HOTEL DEL PACIFICO)

Ubicación: Urbanización La Garzota Manzana 83, solares 06-07-08-09

RUBRO: PEDRAPLEN e=40 cm (JUSTIFICADO CON ESTUDIO ESTRUCTURAL)

UNIDAD M3

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,15	0,09
Compactador semipesado	1,00	1,83	1,83	1,36	2,49
SUBTOTAL EQUIPOS (M)					2,58
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra	1	5,00	5,00	0,40	2,00
Peones	18	3,26	58,68	0,40	23,47
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					25,47
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	
Descripción		A	B	C=A*B	
Geotextil NT 1500	m2	2,50	1,50	3,75	
Piedra o cascajo grueso	m3	1,00	8,33	8,33	
Cascajo fino para vacíos (1,00x30%)	m3	0,30	8,33	2,50	
Agua	m3	0,04	2,20	0,09	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					14,67
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Descripción		A	B	C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)					42,72
IMPREVISTOS					2%
					0,85
ADMINISTRACIÓN					10%
					4,27
DIRECCIÓN TÉCNICA					13%
					5,55
Sumatoria indirectos					10,68
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 53,40

Volumen total= 320 m3 (véase en página 85)

Costo total= 320 x 53,40 = \$17.161,60

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
CIMENTACIÓN BAJO EDIFICACIÓN MEDIANAMENTE LIVIANA (HOTEL DEL PACÍFICO)

Ubicación: Urbanización La Garzota Manzana 83, solares 06-07-08-09

RUBRO: RELLENO CON CASCAJO IMPORTADO, e= 60
 cm

UNIDAD M3

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,10	0,06
Compactador de tambor	1,00	12,50	12,50	0,12	1,50
Mini cargador (Bobcat)	1,00	3,13	3,13	0,93	2,91
SUBTOTAL EQUIPOS (M)					4,47
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra	1	5,00	5,00	0,10	0,50
Peones	4	3,26	13,04	0,12	1,56
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					2,06
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	
Descripción	A	B	C=A*B	D=C*B	
Cascajo grueso o mediano (30% más por compactación)	m3	1,30	8,33	10,83	
Agua	m3	0,01	2,20	0,02	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					10,85
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Descripción	A	B	C=A*B	D=C*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)				17,38	
IMPREVISTOS				2%	0,35
ADMINISTRACIÓN				10%	1,74
DIRECCIÓN TÉCNICA				13%	2,26
Sumatoria indirectos				4,35	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$ 21,73	

Volumen total= 480 m3 (véase en página 85)

Costo total= 480 x 21,73 = **\$10.540,80**

Por lo tanto, sumatoria de los dos rubros= **\$17.161,60 + \$10.540,80**

COSTO FINAL TOTAL= \$27.702,40

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
CIMENTACIÓN BAJO EDIFICACIÓN MEDIANAMENTE LIVIANA (HOTEL DEL PACIFICO)

Ubicación: Urbanización La Garzota Manzana 83, solares 06-07-08-09

RUBRO: RELLENO CON SUELO CEMENTO FLUIDO (ARENA LIMOSA) e= 60 cm, f'c= 20Kg/cm2

UNIDAD M3

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,10	0,06
Concreteira de 2 sacos	4,00	5,00	20,00	0,09	1,80
Dumper artesanal	4,00	3,13	12,50	0,09	1,13
SUBTOTAL EQUIPOS (M)					2,99
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra	1	5,00	5,00	0,09	0,45
Peones	32	3,26	104,32	0,09	9,39
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					9,84
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	
Descripción		A	B	C=A*B	
Arena limosa (dosificación 1:10)	m3	0,90	10,25	9,23	
Cemento	saco	2,00	6,67	13,34	
Agua	m3	0,15	2,20	0,33	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					22,90
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Descripción		A	B	C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)					35,72
IMPREVISTOS				2%	0,71
ADMINISTRACIÓN				10%	3,57
DIRECCIÓN TÉCNICA				13%	4,64
Sumatoria indirectos					8,93
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 44,65

Volumen total= 480 m3 (véase en página 85)

COSTO FINAL TOTAL= 480 x 44,65 = \$ 21.542,40

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
CIMENTACIÓN BAJO EDIFICACIÓN MEDIANAMENTE LIVIANA (HOTEL DEL PACÍFICO)

Ubicación: Urbanización La Garzota Manzana 83, solares 06-07-08-09

RUBRO: RELLENO CON HORMIGÓN POBRE, e= 60 cm; f'c= 20 kg/cm2

UNIDAD M3

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,10	0,06
Concretera de 3 sacos	4,00	12,50	50,00	0,09	4,50
Dumper artesanal	4,00	3,13	12,50	0,09	1,13
SUBTOTAL EQUIPOS (M)					5,69
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra	1	5,00	5,00	0,09	0,45
Peones	32	3,26	104,32	0,09	9,39
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					9,84
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	
Descripción		A	B	C=A*B	
Cemento	saco	1,80	6,67	12,01	
Arena gruesa	m3	0,25	15,00	3,75	
Piedra 3/4"	m3	0,50	20,00	10,00	
Agua	m3	0,15	2,20	0,33	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					26,09
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Descripción		A	B	C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)					41,61
IMPREVISTOS					2% 0,83
ADMINISTRACIÓN					10% 4,16
DIRECCIÓN TÉCNICA					13% 5,41
Sumatoria indirectos					10,40
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 52,01

Volumen total= 480 m3 (véase en página 85)

COSTO FINAL TOTAL= 480 X 52,01 = \$25.075,20

3.2.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES PESADAS QUE REQUIERAN ESTAS ALTERNATIVAS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES PESADAS (EDIFICIO DE 12 PISOS)

RUBRO: RELLENO CON SUELO CEMENTO FLUIDO (ARENA LIMOSA) e prom= 1,27 m; f'c= 50 Kg/cm²

UNIDAD M3

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,10	0,06
Concretera de 3 sacos	4,00	12,50	50,00	0,04	2,00
Bomba de hormigón	1,00	40,00	40,00	0,03	1,20
SUBTOTAL EQUIPOS (M)					3,26
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra	2	5,00	10,00	0,05	0,50
Peones	48	3,26	156,48	0,05	7,82
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					8,32
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	
Descripción		A	B	C=A*B	
Arena limosa (dosificación 1:5)	m3	0,72	10,25	7,38	
Cemento	saco	4,50	6,67	30,02	
Agua	m3	0,16	2,20	0,35	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					37,75
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Descripción		A	B	C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)					49,33
IMPREVISTOS					2%
ADMINISTRACIÓN					10%
DIRECCIÓN TÉCNICA					13%
Sumatoria indirectos					12,33
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 61,67

Volumen total= 3918,10 m³ (véase en página 88)

COSTO FINAL TOTAL= 3918,10 X 61,71 = \$241.785,95

El costo de un suelo-cemento fluido de 50 kg/cm² en Planta de hormigón premezclado, ésta alrededor de \$100/m³ con vaciado directo, por lo que el costo total aproximado utilizando este servicio sería: 100 x 3918,10= **\$391.810,00**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
CIMENTACIONES BAJO EDIFICACIONES PESADAS (EDIFICIO DE 12 PISOS)

RUBRO: RELLENO CON HORMIGÓN POBRE, e prom= 1,27 m; f'c= 50Kg/cm2

UNIDAD M3

EQUIPOS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menor	1,00	0,62	0,62	0,10	0,06
Concretera de 3 sacos	4,00	12,50	50,00	0,04	2,00
Bomba de hormigón	1,00	40,00	40,00	0,03	1,20
SUBTOTAL EQUIPO (M)					3,26
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	TOTAL
Descripción	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de Obra	2	5,00	10,00	0,05	0,50
Peones	48	3,26	156,48	0,05	7,82
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N)					8,32
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	
Descripción		A	B	C=A*B	
Cemento	saco	4,50	6,67	30,02	
Arena gruesa	m3	0,25	15,00	3,75	
Piedra 3/4"	m3	0,45	20,00	9,00	
Agua	m3	0,16	2,20	0,35	
SUBTOTAL MATERIALES (O)					43,12
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Descripción		A	B	C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P)					0,00
COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)					54,70
IMPREVISTOS			2%	1,09	
ADMINISTRACIÓN			10%	5,47	
DIRECCIÓN TÉCNICA			13%	7,11	
Sumatoria indirectos				13,68	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 68,38

Volumen total= 3918,10 m3 (véase en página 88)

COSTO FINAL TOTAL= 3918,10 X 68,38 = \$268.076,40

Capítulo 4 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez que se han efectuado los análisis de costos de las alternativas planteadas se puede notar que no son tan elevados, además el proceso de producción y logística son actividades sencillas.

A continuación se muestra una tabla de resumen del costo total para cada caso que se ha proyectado:

Tabla 5

CASO	Cantidad a rellenar con suelo-cemento fluido u hormigón pobre	Cantidad a rellenar con material standard (relleno granular)	Costo con material standard (relleno granular)	Costo con suelo-cemento fluido	Costo con hormigón pobre	Costo con suelo-cemento fluido en planta de hormigón premezclado
Zonas de difícil compactación (Rellenos tras de muros)	66 m3	No analizado	No analizado	\$ 2.595,12	\$ 3.006,96	No analizado
Cimentaciones bajo edificaciones medianamente livianas	480 m3	800 m3	\$ 27.702,40	\$ 21.542,40	\$ 25.075,20	No analizado
Cimentaciones bajo edificaciones pesadas	3918,10 m3	No analizado	No analizado	\$ 241.785,95	\$ 268.076,40	\$ 391.810,00

Tabla 5: Resumen de Costos

Fuente: Autor

En el caso de cimentaciones bajo edificaciones medianamente livianas es donde se puede ver claramente el beneficio que proporcionan estos materiales en cuanto al costo y al tiempo, ya que en éste caso se hizo la comparación con el relleno standard de material granular y en el análisis de precios unitarios resulta más económico hacer el relleno con suelo-cemento fluido o con hormigón pobre y que a la vez se lo hace en menor tiempo debido a las ventajas que presentan de fácil colocación y no necesitan ser compactados. Esto aumenta la velocidad de la construcción y reduce los requerimientos de la mano de obra.

Lo que si se comprobó es que el hormigón pobre siempre es un poco más costoso, alrededor de un 20 % más que el suelo-cemento fluido, pero lo que se debe recalcar es la mayor facilidad para conseguir los materiales ya que éstos son puntuales y prácticamente están a la mano, en cambio para el suelo-cemento fluido, el mejor caso sería contar con un suelo de buenas condiciones en el mismo sitio de trabajo para no tener que importarlo y pagar por el costo del material. En este trabajo sólo se analizó con suelo tipo arena limosa, el cual es abundante en nuestro medio.

La diferencia económica con el relleno standard no es tan significativa, ya que está alrededor de unos cinco mil dólares, pero lo más importante radica en el beneficio técnico que brindan estos materiales ya que por su resistencia y durabilidad, la vida útil es mayor que la de los rellenos granulares. Hay ocasiones en que son ejecutados de manera incorrecta ya sea por indisponibilidad de equipos o mala dirección técnica; y esto implica elevados y continuos costos de reconstrucción, produciendo por tanto una mayor afectación a los contratistas.

Se puede concluir que estos rellenos fluidos son una solución muy oportuna y con numerosas ventajas para este tipo de obras. Por tal motivo, constituyen una opción que debería ser siempre considerada y evaluada, teniendo en cuenta que el costo de un suelo-cemento fluido o un hormigón pobre frente al de un relleno granular, queda de sobra compensado por los beneficios que se derivan de su uso, siendo menores los costos globales en muchos casos.

Entre estos beneficios se pueden destacar la facilidad de colocación en obra, lo que no necesitan compactación, la homogeneidad y sobre todo la seguridad que infiere su comportamiento a largo plazo, con ausencia de asentamientos y deformaciones, que pueden ser molestias para los beneficiarios o constructores, ya que existe posibilidad que en el futuro tengan que hacer costosas reparaciones, cuando se trata de rellenos granulares.

Finalmente las circunstancias particulares de cada caso determinarán cuál de los dos tipos de materiales es el más adecuado.

En cuanto a las recomendaciones se puede plantear las siguientes:

- A pesar de haber mencionado que los costos pueden ser menores es recomendable antes de aplicar un relleno fluido en un proyecto hacer la comparación de costo, beneficio y tiempo de aplicación con los métodos tradicionales para escoger la mejor opción.

- Aunque se utilicen materiales de los que se tenga referencia de desempeños previos, se recomienda hacer las pruebas mencionadas en este trabajo para evaluar su comportamiento y el proporcionamiento adecuado de sus componentes.

- No se recomienda solicitar rellenos fluidos de empresas proveedoras de hormigón premezclado para éste tipo de obras debido a sus altos costos. Lógicamente su producto es de calidad y garantizado pero encarecen en gran magnitud el presupuesto de una obra.

- Se recomienda contar con todas las herramientas y equipos necesarios para la elaboración de estos materiales, de tal manera que se logre un trabajo de calidad.

- Se recomienda estudiar más alternativas para la preparación del suelo-cemento fluido a fin de que se pueda comparar técnica y costo-beneficio.

BIBLIOGRAFÍA

- Guía para la selección y control de áridos para hormigones.* (2016). Obtenido de <http://www.melon.cl/documents/10157/7ec2ce21-6e14-4f89-9e0b-867ae6e6faa7>
- Hormigón Fluido.* (2016). Obtenido de <http://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/359/hormigon-fluido-cementos-bio-bio>
- Los rellenos.* (2016). Obtenido de <http://civilgeeks.com/2011/12/02/los-rellenos/>
- Escuela Politécnica del Ejército-Ecuador. (s.f.). *Diseño de cimentaciones de hormigón armado.* Obtenido de <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon09.pdf>
- Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). (s.f.). *HORMIGONES LIVIANOS.* Recuperado el 2016, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10056/1/Hormigones%20Livianos.pdf>
- Imágenes de Google. (s.f.). *Google.* Obtenido de www.google.com
- Instituto del Cemento Portland Argentino. (Marzo de 2011). *Construcción de bases y subbases de suelo-cemento.* Buenos Aires, Argentina.
- Instituto Español del Cemento y sus aplicaciones. (Marzo de 2013). *Materiales fluidos de baja resistencia controlada para rellenos.* Obtenido de https://www.ieca.es/uploads/docs/materiales_fluidos_de_baja_resistencia_para_rellenos.pdf
- Instituto Español del cemento y sus aplicaciones. (2016). *Pliego de prescripciones técnicas para suelo-cemento fabricado "in situ" para infraestructura ferroviaria.* Obtenido de <http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Ferrocarriles/Pliego%20Suelocemento%20in%20situ%20Ferrocarri.pdf>
- Instituto Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana. (Diciembre de 2008). *EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.* Santo Domingo, República Dominicana.

Tesis Universidad de El Salvador. (Diciembre de 2003). Aplicacion de los parametros de control ACI en mezclas de rellenos fluidos de resistencia controlada variando porcentajes y tipos de cemento. El Salvador.

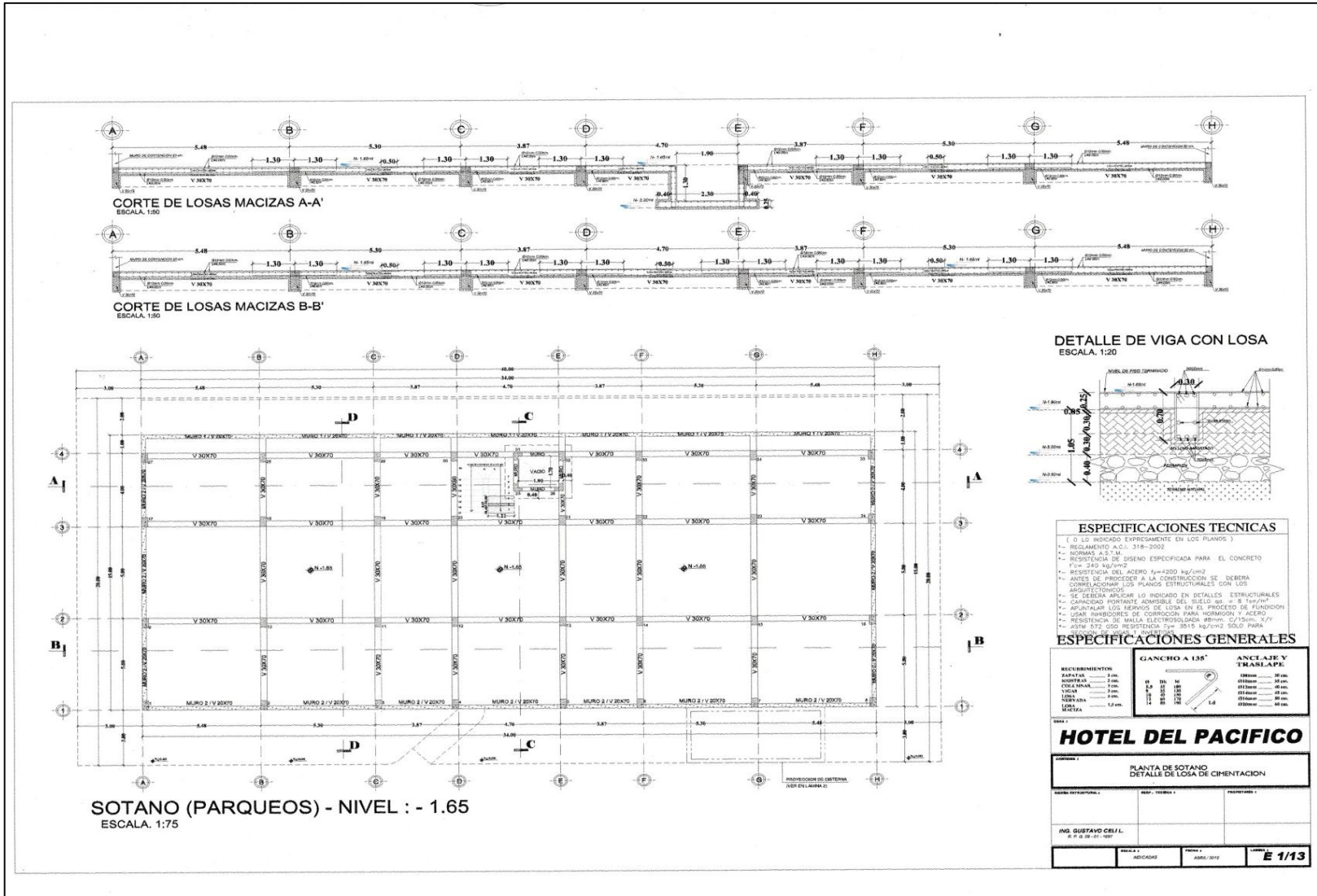
Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Civil. (Noviembre de 2008). Usos de rellenos fluidos en la construcción.

Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica. (Agosto de 2010). Cimentaciones. Mérida, México.

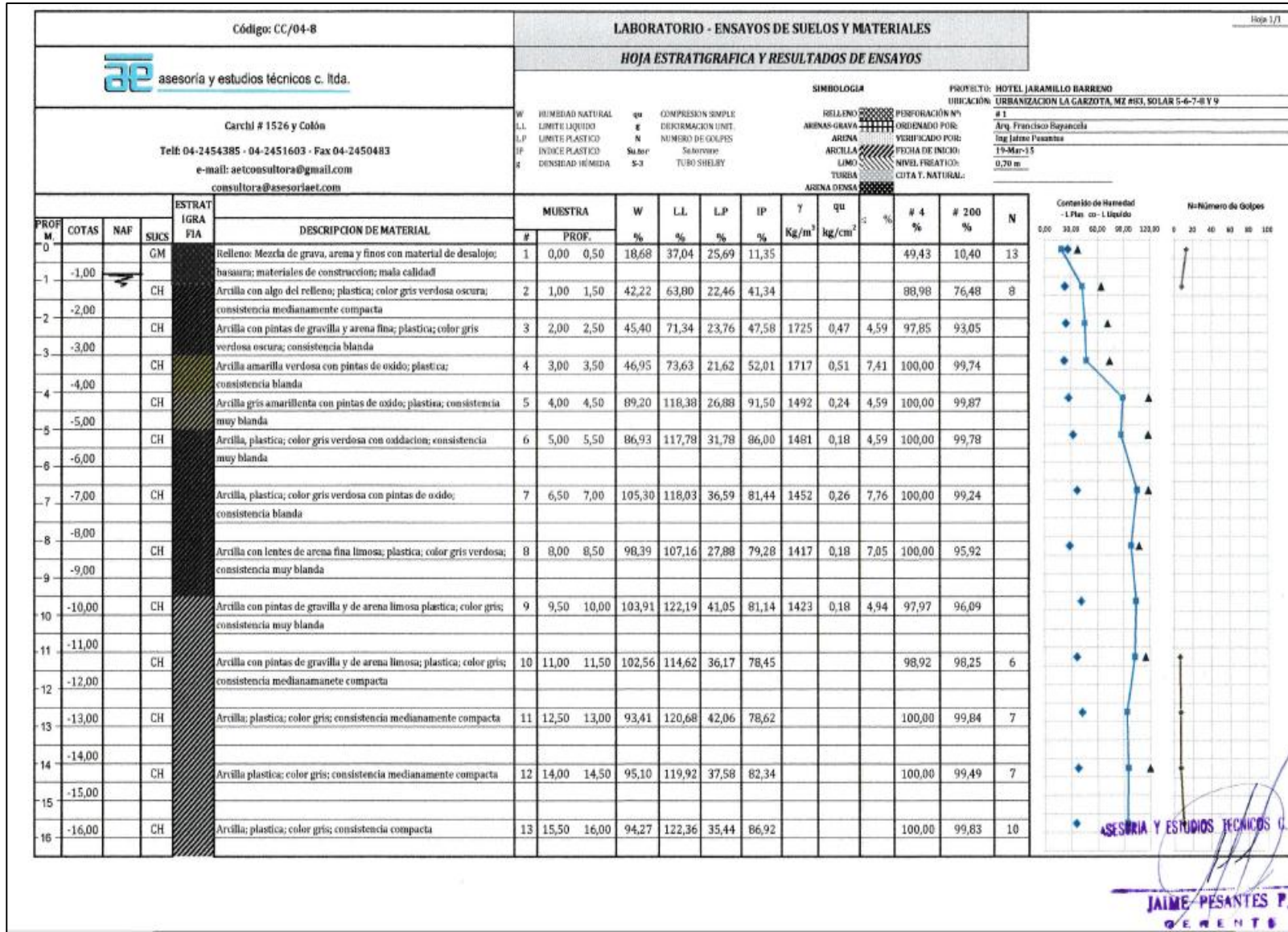
Viera Estrada Ana Laura, E. B. (2016). *Manual de Elaboración, Colocación y Control de Calidad de Suelo-Cemento Fluido*. Obtenido de http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/016294/016294_Cap5.pdf

ANEXOS

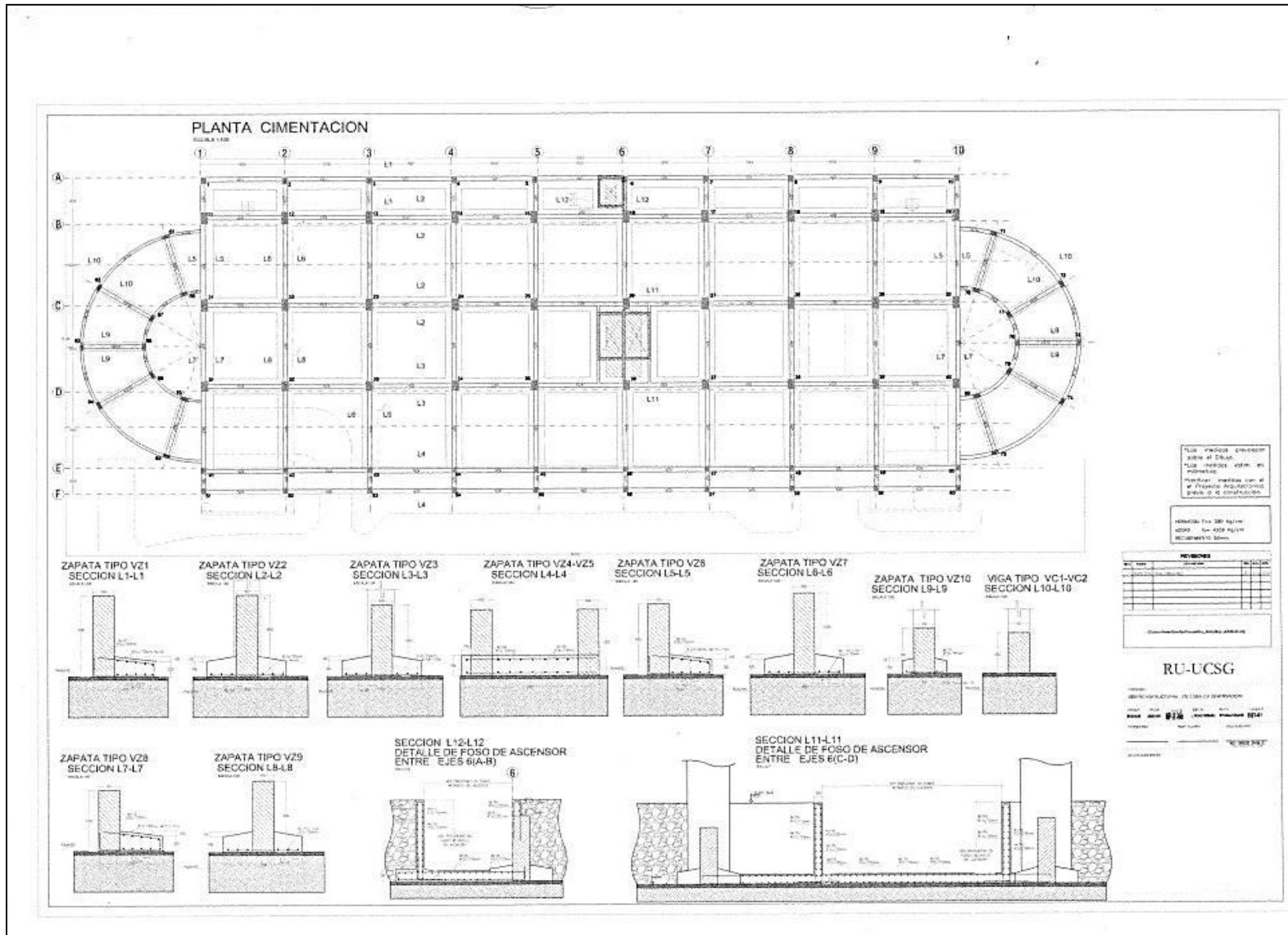
Anexo 1. PLANO DE CIMENTACIÓN EDIFICACION MEDIANAMENTE LIVIANA (HOTEL DEL PACIFICO)



Anexo 2. ESTUDIO DE SUELOS DE HOTEL DEL PACÍFICO



Anexo 3. PLANO DE CIMENTACIÓN EDIFICACIÓN PESADA



Anexo 4. PRECIOS REFERENCIALES DE MATERIALES

MATERIALES									
MATERIALES DE CONSTRUCCION: PRECIOS REFERENCIALES - Marzo 2016									
CÓD.	DESCRIPCIÓN	U.	C.	PRV.	CÓD.	DESCRIPCIÓN	U.	C.	PRV.
AGLOMERANTES					8080	Blanca grano marmol 1-2 (30x30)	m2	9.80	*
5010	Asfalto AP-3	gln.	0.34	PETROECUA.	8090	Blanca grano marmol 1-2 (50x50)	m2	10.60	*
5005	Asfalto RC-2	gln.	0.32	PETROECUA.	8010	Blanca grano piedra 3-4 (30x30)	m2	7.30	*
5060	Cal P-24 (25kg)	sc	2.09	CCCG	8010	Blanca grano piedra 3-4 (40x40)	m2	8.10	*
5070	Cementina (25kg)	sc	1.53	CCCG	8020	Blanca grano piedra 3-4 (50x50)	m2	8.60	*
5040	Cemento Blanco(50kg)	sc	11.60	CCCG	8300	Fijatec P,adhesivo para porcelanato,cerámica(20kg)	fda	10.80	ADITEC
5091	Cemento Gris	sc	4.34	CCCG	8126	Marmelone 15X30	m2	10.50	*
5020	Cemento tipo I(50 Kg)	sc	7.50	CCCG	8128	Marmelone 40X30	m2	13.58	*
5065	Enluma saco(40kilos Enlucido para mortero)	sco	3.80	CCCG	8129	Mármol 30X40	m2	85.00	TERMIKON
5066	Pegablok (40kilos Mortero pegar Bloques)	sco	3.07	CCCG	8130	Mármol 40X40	m2	105.00	TERMIKON
8295	Pegamento asfáltico	gln	8.58		8131	Mármol blanco grano,0 1-2, fondo blanco 30X30	m2	9.80	*
5090	Yeso grueso	lb	0.14	CCCG	8132	Mármol blanco grano,0 3-4, fondo blanco 30X30	m2	9.80	*
AGREGADOS					8134	Mármol blanco grano,0 3-4, fondo negro 30X30	m2	9.80	*
6080	Agua(100 m3)	m3	1.08		8133	Mármol blanco grano,0 5-6, fondo gris 30X30	m2	9.80	*
6060	Arena fina río	m3	8.56	CCCG	8296	Piedra Gris "Cuencana"	m2	0.89	
6070	Arena gruesa río	m3	8.78	CCCG	8137	Plaquetas arcilla 2X7X20	m2	8.20	*
6059	Arena Homogenizada (0-5mm)	m3	10.13	CCCG	8136	Plaquetas arcilla 2X7X25	m2	7.90	*
6010	Cascajo Grueso M3	m3	5.06	CCCG	8135	Plaquetas arcilla 2X7X30	m2	7.90	*
6020	Cascajo mediano y fino	m3	4.94	CCCG	9215	Polvio Fragar	lb	0.32	
6035	Piedra # 3/4 FINA	m3	12.60	CCCG	8302	Porcelana blanca pisos(c/arena), emporador de cerámica	Kg	0.47	ADITEC
6040	Piedra # 4	m3	8.98	CCCG	8304	Porcelana negra pisos(c/arena), emporador de cerámica	Kg	0.73	ADITEC
6050	Piedra Base Clase 1 (0-38mm)	m3	6.51	CCCG	BLOQUES Y LADRILLOS				
6030	Piedra chispa fina#8	m3	9.21	CCCG	9089	7L RASILLA 7X19X39(12.5xm2)	u	0.19	*
6058	Piedra Chispa Gruesa (2-12mm)	m3	9.21	CCCG	9091	Bloq. 4H Rayado de Pared 8x20x41(12xm2)	u	0.36	ALFADOMUS
6056	Piedra Rio(2-9mm)	m3	12.05	CCCG	9100	Bloq. 8H Rayado de Pared 10x20x41(12xm2)	u	0.45	ALFADOMUS
6057	Piedra Rio(5-38mm)	m3	11.34	CCCG	9110	Bloq. 9H RAYADO 20x20x41(12xm2)	u	0.82	ALFADOMUS
6055	Piedra Subbase clase 1	m3	6.79	CCCG	9120	Bloq. 12H RAYADO 20x25x41(12xm2)	u	1.06	ALFADOMUS
CERAMICAS Y RECUBRIMIENTO PARA PARED					9101	Bloq. 9H RAYADO 15x20x41(12xm2)	u	0.60	ALFADOMUS

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Carlos Francisco Bayancela Espinel, con C.C: # 0925658379 autor del trabajo de titulación: Análisis Comparativo entre Suelo-Cemento y Hormigón Pobre, como material de sustento, para diferentes tipos de cimentación superficial, que requieran éstas alternativas, 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, 15 de Septiembre del 2016

f. _____



Nombre: Carlos Francisco Bayancela Espinel

C.C: 0925658379



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis Comparativo entre Suelo-Cemento y Hormigón Pobre, como material de sustento, para diferentes tipos de cimentación superficial, que requieran éstas alternativas		
AUTOR(ES)	Carlos Francisco Bayancela Espinel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Marco Vinicio Suarez Rodríguez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de Septiembre del 2016	No. DE PÁGINAS:	111
ÁREAS TEMÁTICAS:	Cimentaciones, Planificación de Obras, Ingeniería Estructural		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	SUELO-CEMENTO; HORMIGÓN POBRE; RELLENO STANDARD; MATERIAL GRANULAR; COMPACTACIÓN; CIMENTACIÓN SUPERFICIAL		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

En el presente trabajo se busca obtener una información acertada y concisa a partir de un análisis comparativo entre Suelo-Cemento y Hormigón Pobre como material de sustento para diferentes tipos de cimentación superficial, que requieren éstas alternativas, con el propósito de brindar una solución de tipo empírica a los Ingenieros Constructores, Diseñadores de Cimentaciones, técnicos de Ingeniería Civil en general que estarán a cargo del estudio-diseño y/o inicio de la construcción de una cimentación superficial donde implique el uso de dichos materiales. El tema consiste en explicar por qué no resulta conveniente utilizar un relleno standard con material granular compactado como normalmente se lo hace.

De manera puntual, se van a escoger dos casos de cimentaciones superficiales y un caso especial donde se efectúen rellenos de difícil compactación. Para cada caso se realizará el análisis técnico-económico a fin de poder determinar los beneficios que generan éstos materiales y a la vez escoger el más favorable, siempre teniendo en cuenta que se deben cumplir requisitos de resistencia, seguridad y funcionalidad en un proyecto de Ingeniería.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2383898	E-mail: krlosbayancela@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos	
	Teléfono: +593-4-2202763	
	E-mail: clara.glas@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):	