

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE ADHERENCIA EN EL  
POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LOSAS ALIGERADAS EN LA CIUDAD  
DE PUNO**

**Presentado por**

**Bach. Santiago NINA COILA**

**JULIACA – PERÚ**

**2016**

# **UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



## **TESIS**

### **DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE ADHERENCIA EN EL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LOSAS ALIGERADAS EN LA CIUDAD DE PUNO**

**Presentado por**

Bach. Santiago NINA COILA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL

**JULIACA – PERÚ**

**2016**

## DEDICATORIA

*A mi querida esposa Agustina y mis amados hijos: Fernando, Alberto, Mariela y Brígida. A mis seres queridos que fueron el motor para este importante logro, a todos aquellos que no creyeron en mí a ellos les dedico esta tesis.*

*A todos aquellos que me apoyaron moral y económicamente.*

## AGRADECIMIENTO

*Con gratitud agradezco a las Autoridades de la Universidad Alas Peruanas, en especial a la Dirección adjunto de la Facultad de Ingeniería y arquitectura y escuela académica profesional de ingeniería civil donde culminé mis estudios de pre grado satisfactoriamente.*

## RESUMEN

El presente estudio de investigación se enfoca en determinar un ángulo de referencia con la horizontal para el revestimiento y enlucido de los cielos rasos en las losas aligeradas con material sintético, la determinación angular permitirá la sujeción vertical de los materiales en los acabados.

En el Perú existe la necesidad de contar con sistemas constructivos más eficientes y económicos, lo que requiere de nuevos conceptos en el diseño y la construcción de losas estructurales en edificaciones ante las grandes limitaciones técnicas y constructivas de los sistemas convencionales que se han mantenido hasta la actualidad y que forman parte de la cultura del sector de construcción. Por ello, con esta tesis se pretende dar a conocer este sistema constructivo así como sus ventajas y desventajas, con el objetivo de tener un texto que sirva como guía y comprensión de los beneficios, adherencia y comportamiento del poliestireno expandido en la construcción de edificaciones.

Dentro de esta problemática centralmente de la construcción uno de los problemas que más se observa es la adherencia de los materiales de revestido o acabado en los cielos rasos, nuestra finalidad con esta investigación será determinar la adherencia, y para este propósito propondremos analizar cribas con ángulos variables, y determinaremos la más favorable dentro del proceso constructivo.

A su vez el presente trabajo de tesis se presenta como una alternativa para bajar costos y a su vez beneficiar a las viviendas desde el punto de vista de sus características térmicas, y proteger a los habitantes del clima frío de nuestra zona. Aquí radica la esencia del problema y la razón de su estudio.



## INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	v
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I.....	10
<b>1.1 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.3.1.1. Delimitación espacial .....	11
1.3.1.2. Delimitación temporal .....	11
1.3.1.3. Delimitación social/conductual .....	11
1.3.1.4. Delimitación Conceptual.....	11
1.3.1.5. Elemento Constructivo .....	12
<b>1.4. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.4.1. Problema General.....	13
1.4.2. Problemas Específicos .....	13
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.5.1. Objetivo General.....	13
1.5.2. Objetivos Específicos .....	13
<b>1.6. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.6.1. Hipótesis General.....	13
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	13
<b>1.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.7.1. Variable independiente .....	14
1.7.2. Variables dependientes .....	14
<b>1.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.9.1. Tipo y nivel de Investigación .....	16
1.9.2. Tipo de investigación.....	16
1.9.3. Nivel de investigación.....	16
1.9.4. Diseños y métodos de Investigación.....	17

1.9.5.	Diseño de investigación .....	17
1.9.6.	Método de investigación.....	17
1.9.7.	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	18
1.9.7.1.	Población .....	18
1.9.7.2.	Muestra.....	18
1.9.8.	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	18
1.10.	<b>JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
1.10.1.	<b>JUSTIFICACIÓN TÉCNICA</b> .....	19
1.10.2.	<b>JUSTIFICACIÓN SOCIAL</b> .....	19
1.10.3.	<b>JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA</b> .....	20
1.10.4.	<b>JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL</b> .....	20
CAPITULO II.....		22
MARCO TEÓRICO.....		22
2.	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	22
2.2.	<b>PRIMER ANTECEDENTE</b> .....	22
2.3.	<b>SEGUNDO ANTECEDENTE</b> .....	23
2.4.	<b>TERCER ANTECEDENTE</b> .....	24
2.5.	<b>MARCO TEORICO BASICO</b> .....	25
2.5.1.	<b>NUEVAS INNOVACIONES EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN EL PERÚ.</b> 25	
2.5.2.	<b>DEFINICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO</b> .....	26
2.5.2.1.	<b>OBTENCIÓN MATERIA PRIMA</b> .....	26
2.5.2.2.	<b>RESISTENCIA MECÁNICA</b> .....	27
2.5.2.3.	<b>COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA Y AL VAPOR DE AGUA</b> ....	27
2.5.2.4.	<b>AISLAMIENTO TÉRMICO</b> .....	28
2.5.2.5.	<b>COMPORTAMIENTO FRENTE A FACTORES ATMOSFÉRICOS</b> .....	28
2.5.2.6.	<b>ESTABILIDAD DIMENSIONAL</b> .....	29
2.5.2.7.	<b>ESTABILIDAD FRENTE A LA TEMPERATURA</b> .....	29
2.5.2.8.	<b>PROPIEDADES BIOLÓGICAS</b> .....	29
2.5.2.9.	<b>COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO</b> .....	30
2.5.2.10.	<b>FACTORES MEDIO AMBIENTALES</b> .....	31
2.5.2.11.	<b>RECICLADO MECÁNICO</b> .....	31
2.5.2.12.	<b>FABRICACIÓN DE NUEVAS PIEZAS DE EPS</b> .....	31
2.5.2.13.	<b>MEJORA DE SUELOS</b> .....	32

2.5.2.14.	INCORPORACIÓN A OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. ....	32
2.5.2.15.	PRODUCCIÓN DE GRANZA DE PS.....	32
2.5.2.16.	RECUPERACIÓN ENERGÉTICA.....	33
2.5.2.17.	VERTIDO.....	33
2.5.2.18.	APLICACIONES PRINCIPALES DEL EPS. ....	34
2.5.2.19.	OBRA CIVIL. ....	34
2.5.2.20.	EDIFICACIÓN.....	35
2.5.2.21.	CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES DE EPS.....	36
2.5.2.22.	SISTEMA CIMIENTO, SOBRECIMIENTO Y RADIER.....	36
2.5.2.23.	SISTEMA RADIER CON ZARPA. ....	36
2.5.2.24.	ANCLAJE. ....	37
2.5.2.25.	CONSTRUCCIÓN DE MUROS.....	37
2.5.3.	REVESTIMIENTOS.....	39
CAPÍTULO III.....		41
PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN.....		41
3.	FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	41
3.2.	Generalidades .....	41
3.2.1.	Ubicación y descripción del Área en Estudio.....	41
3.2.2.	Acceso al Área en Estudio. ....	41
CAPÍTULO IV.....		45
4.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	45
4.2.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS.....	45

## INTRODUCCIÓN

En el Perú existe la necesidad de contar con sistemas constructivos más eficientes y económicos, lo que requiere de nuevos conceptos en el diseño y la construcción de losas estructurales en edificaciones ante las grandes limitaciones técnicas y constructivas de los sistemas convencionales que se han mantenido hasta la actualidad y que forman parte de la cultura del sector de construcción. Por ello, con esta tesis se pretende dar a conocer este sistema constructivo así como sus ventajas y desventajas, A su vez el presente trabajo de tesis se presenta como una alternativa para bajar costos y a su vez beneficiar a las viviendas desde el punto de vista de sus características térmicas, y proteger a los habitantes del clima frío que es propio de la región Puno.

Proponemos reemplazar los tradicionales ladrillos de arcilla por el poliestireno, material que reduce el peso del elemento aligerante de un entrepiso en un 99%, lo que disminuye el peso propio del sistema en un 40% aproximadamente; además, le confiere al sistema de entrepiso propiedades de aislante térmico y acústico. El propósito es conocer si este sistema constructivo es factible o no, qué características presenta y si es rentable utilizarlo.

La elección de este Proyecto, se basa en buscar otra solución alternativa a la edificación que se realiza en el país, puesto que los sistemas tradicionales, tales como obra de fábrica y construcciones con hormigón armado, abarcan la mayoría de las construcciones realizadas en nuestro medio. Puesto que el poliestireno expandido tiene múltiples aplicaciones en el ámbito de la construcción, aplicados a toda la estructura de una vivienda.

# CAPÍTULO I

## 1.1 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Dentro del universo de materiales que se han utilizado para edificar y posibilitar algún grado de protección térmica a las construcciones desde antaño, surgieron con el tiempo nuevos materiales y productos con buenas propiedades de comportamiento térmico y clasificado como aislantes térmicos.

Después de la crisis energética de los años 70, los países desarrollados pusieron de manifiesto la necesidad de estudiar los edificios desde el punto de vista térmico, incorporando aislación térmica para conseguir el mayor ahorro posible de energía en vista de su creciente costo y dada su dependencia de provisión foránea de petróleo, a raíz de lo cual los materiales aislantes térmicos comenzaron a jugar un rol preponderante y masivo para reducir la demanda energética.

En el Perú existe la necesidad de contar con sistemas constructivos más eficientes y económicos, lo que requiere de nuevos conceptos en el diseño y la construcción de losas estructurales en edificaciones ante las grandes limitaciones técnicas y constructivas de los sistemas convencionales que se han mantenido hasta la actualidad y que forman parte de la cultura del sector de construcción. Por ello, con esta tesis se pretende dar a conocer este sistema constructivo así como sus ventajas y desventajas, con el objetivo de tener un texto que sirva como guía y comprensión de los beneficios, adherencia y comportamiento del poliestireno expandido en la construcción de edificaciones.

Dentro de esta problemática centralmente de la construcción uno de los problemas que más se observa es la adherencia de los materiales de revestido o acabado en los cielos rasos, nuestra finalidad con esta investigación será determinar la adherencia, y para este propósito propondremos analizar cribas con ángulos variables, y determinaremos la más favorable dentro del proceso constructivo.

A su vez el presente trabajo de tesis se presenta como una alternativa para bajar costos y a su vez beneficiar a las viviendas desde el punto de vista de sus características térmicas, y proteger a los habitantes del clima frío de nuestra zona. Aquí radica la esencia del problema y la razón de su estudio.

### **1.3. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1.1. Delimitación espacial**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la región Puno, en el Distrito de Puno, en el año del 2015.

#### **1.3.1.2. Delimitación temporal**

La investigación se realizó a partir de Octubre hasta el mes de Diciembre del 2015 tiempo que permitió la elaboración del proyecto, como los análisis de interpretación de los resultados hasta el informe final de la tesis.

#### **1.3.1.3. Delimitación social/conductual**

El presente trabajo de investigación, se realizó dentro del ámbito de la región Puno.

#### **1.3.1.4. Delimitación Conceptual**

##### **Los Poliestirenos Expandidos (EPS)**

Es una espuma rígida suministrada en forma de planchas, de color blanco, de dimensiones volumétricas estables y constituidas por un termoplástico celular compacto.

Es elaborado en base a derivados del petróleo, en diferentes densidades según la aplicación y compatible con el medio ambiente,

Dentro de su estructura, este material posee un sinnúmero de celdas cerradas en forma de esferas envolventes que mantienen ocluido con aire quieto su espacio interior. Estas esferas solidariamente apoyadas en sus tangentes e íntimamente

soldadas y próximas entre sí, conforman una masa liviana por el volumen de aire encerrado, dando origen a su gran capacidad de aislamiento térmico (98% de aire y 2% de material sólido).

Esta capacidad de aislamiento térmico está medida y representada, como propiedad física, por su bajo coeficiente de conductividad térmica. La estructura celular cerrada del Poliestireno expandido permite que no sea higroscópico y tenga una gran estanqueidad, lo que limita la absorción de agua al mínimo aún en estado sumergido y prácticamente sin tránsito de agua líquida por capilaridad.

Esta característica hace que el Poliestireno expandido mantenga inalterable su capacidad de aislación térmica y a la vez tenga una elevada resistencia a la difusión de vapor de agua, disminuyendo el daño por condensaciones de vapor de agua al interior del material.

Es definido como un material permeable a los gases, pero prácticamente impermeable al agua. A pesar del bajo peso del Poliestireno Expandido, destacan sus propiedades físico-mecánicas. Tiene una adecuada resistencia a la compresión, corte, flexión, tracción y también una buena elasticidad.

El Poliestireno Expandido usado en la construcción, preferentemente debe contener ignífugo que lo transforme en auto extingible (no propagador de llama). Frente a un fuego expuesto, la carga combustible es despreciable en relación a la mayoría de los materiales componentes de una edificación.

#### **1.3.1.5. Elemento Constructivo**

Dentro del proceso constructivo todo insumo señalado como material de construcción, constituye un elemento constructivo y desde ese punto de vista los elementos constructivos son las unidades básicas que en conjunto constituyen y forman una construcción en una obra civil.

## **1.4. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Problema General**

Determinar la aplicación del Poliestireno expandido en la construcción de techo aligerado en la región Puno.

### **1.4.2. Problemas Específicos**

¿Cómo es la aplicación del Poliestireno expandido en la construcción de techos aligerados en la región Puno?

¿Cuáles son los beneficios del Poliestireno Expandido en la construcción de techos aligerados en la región Puno?

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar la aplicación del Poliestireno Expandido como elemento constructivo en techo aligerado en la región Puno.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Determinar las aplicaciones del Poliestireno Expandido en la construcción de techos aligerados en las edificaciones en la región Puno.

Determinar los beneficios del Poliestireno Expandido en construcción de techo aligerado en la región Puno.

## **1.6. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Hipótesis General**

El Poliestireno Expandido tendría una aplicación como elemento constructivo de techo aligerado en la región Puno?

### **1.6.2. Hipótesis Específicas**

Los acabados tendrían mayor trabajabilidad con la aplicación del Poliestireno Expandido en la región Puno?

El factor de adherencia de los techos aligerados mejoraría con la aplicación del Poliestireno Expandido como elemento constructivo en la región Puno?

## **1.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. Variable independiente**

#### **ELEMENTO CONSTRUCTIVO**

Convencionales, innovación (Poliestireno Expandido)

#### **Indicadores:**

(Poliestireno Expandido)

### **1.7.2. Variables dependientes**

**Estructuras mas ligeras y económicas.**

#### **Indicador:**

Adherencia

Angulo de las Cribas

Techo Aligerado.

Ausencia de peso.

Demandas de energía.

Construcción a bajos costos.

Sistema no contaminante y eficiente de bajo costo.

## 1.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p><b>PROBLEMA GENERAL.</b></p> <p>Determinar la aplicación del Poliestireno Expandido en la construcción de techo aligerado en la región Puno.</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL.</b></p> <p>Determinar la aplicación del Poliestireno Expandido como elemento constructivo en techo aligerado en la región Puno.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL.</b></p> <p>El Poliestireno Expandido tendría una aplicación como elemento constructivo de techo aligerado en la región Puno?</p>	<p><b>VARIABLE I:</b></p> <p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p><b>ELEMENTO CONSTRUCTUTIVO</b></p> <p>Convencionales.</p> <p>Innovación.</p>	<p>(poliestireno expandido)</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS.</b></p> <p>¿Cómo es la aplicación del Poliestireno Expandido en la construcción de techos aligerados en la región Puno?</p> <p>¿Cuáles son los beneficios del Poliestireno Expandido en la construcción de techos aligerados en la región Puno?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</b></p> <p>Determinar las aplicaciones del Poliestireno Expandido en la construcción de techos aligerados en las edificaciones en la región Puno.</p> <p>Determinar los beneficios del Poliestireno Expandido en la construcción de techo aligerado en la región Puno.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.</b></p> <p>Los acabados tendrían mayor trabajabilidad con la aplicación del Poliestireno Expandido en la regio Puno?</p> <p>El factor de adherencia de los techos aligerados mejoraría con la aplicación del Poliestireno Expandido como elemento constructivo en la región Puno?</p>	<p><b>VARIABLE II:</b></p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p><b>Estructuras mas ligeras y económicas.</b></p>	<p>Adherencia</p> <p>Angulo de las Cribas</p> <p>Techo Aligerado.</p> <p>Ausencia de peso.</p> <p>Demandas de energía.</p> <p>Construcción a bajos costos.</p> <p>Sistema no contaminante y eficiente de bajo costo.</p>

## **1.9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.9.1. Tipo y nivel de Investigación**

#### **1.9.2. Tipo de investigación**

La investigación de acuerdo a sus características asume el enfoque cuantitativo, se aplicara instrumentos estandarizados y los datos se cuantifican para su análisis estadístico.

(Por el propósito que persigue es un trabajo aplicado, porque busca demostrar la validez de un método que consiste en fijar los acabados como pasta de cemento y pasta de yeso en los cielos rasos, lo cual dependerá del Angulo de las cribas con respecto a la horizontal), determinara la fijación las pastas de cemento y de yeso, que estas asu vez formaran los acabados exteriores de los cielos rasos.

De acuerdo a la naturaleza del trabajo y considerando como Investigación experimental, debido en primer lugar, a que (se pretende experimentar los efectos que tiene las cribas en un Angulo de 45° con referencia a la horizontal, en la fijación de estas pastas con el poliestireno expandido), determinándose estos valores de forma experimental, con el objetivo de fijar valores angulares para la fijación de pastas de cemento y de pastas de yeso como insumos en los acabados de los cielos rasos, y con este método prescindir del armado estructural de mallas de alambre.

#### **1.9.3. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es analítico-explicativo, pues se trata de efectuar un proceso de abstracción a fin de destacar aquellos elementos, aspectos que se consideran básicos para comprender los objetos y procesos de la experimentación de las variables de estudio La razón de lo anterior radica en que la realidad inmediata e inicial se nos presenta como efecto (variables dependientes) y el trabajo científico consiste en descubrir los elementos que los generan (variables independientes) por que se mide y busca encontrar las relaciones que existe entre las variables .

#### 1.9.4. Diseños y métodos de Investigación

#### 1.9.5. Diseño de investigación

En el presente estudio por sus características peculiares posee la validez interna y externa, consiste en la administrar un estímulo o tratamiento en un contexto y después aplicación de realizó la medición de la efectos en la variable en estudio, para determinar los efectos de la aplicación del método doveles en la estabilización de taludes.

Dado que, el objeto de estudio no se asignan al azar sino a los objetos, ni se emparejan, porque tal objeto ya existe como objeto intacto como comenta (Estévez, 2004), la investigación utiliza el diseño de un solo grupo intacto con pre y post test, que corresponde al experimental específicamente dice al pre-experimental, manifiesta Hernández y Baptista (2006), debido a que se manipula dos variable Independiente; y variable dependiente para conocer los efectos en el objeto de estudio, para lo cual se utilizó el siguiente esquema:

**GE: = O1      X      O2**

Donde:

GE = Grupo experimental (unidad de estudio)

O = Observación o medición de las variables

(1,2) = variables de estudio

(X) = Experimento

#### 1.9.6. Método de investigación

**Método deductivo:** El método deductivo es un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas utilizado por el efecto que tendrá la adherencia. Esto quiere decir que las conclusiones son una consecuencia necesaria de las premisas: cuando las premisas resultan verdaderas y el

razonamiento deductivo tiene validez, no hay forma de que la conclusión no sea verdadera.

## **1.9.7. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.9.7.1. Población**

La población de estudio está conformada por las edificaciones de la ciudad de Puno, en donde se utilizaron Poliestireno Expandido, en la conformación de las losas aligeradas, estas losas aligeradas en su cara interior quedaron desprotegidas, nuestra intención es recubrirlas.

### **1.9.7.2. Muestra**

La muestra está constituida por una edificación ubicada en la 6ta cuadra de la avenida Simón Bolívar, la particularidad de esta edificación es que cuenta con tres niveles en las cuales para las losas aligeradas se ha utilizado como elemento constructivo Poliestireno Expandido, en el segundo nivel se ha experimentado con cribas a 45° con la horizontal, el cual ha permitido una adherencia aceptable de las pastas de enlucido para el acabado final del cielo Raso con pasta de cemento.

## **1.9.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **Técnicas**

- **Ensayos de campo.** La técnica nos permitió comprobar el contexto real mediante los ensayos especificaciones técnicas, adherencia, ángulo de sujeción y otras características en la superficie en estudio.
- **Ensayos de laboratorio.** El propósito de analizar y medir los efectos de las pastas de cemento y su adherencia en los cielos rasos, en donde se utilizaron como elemento constructivo Poliestireno expandido, se hace necesario de análisis de ensayos de laboratorio desde el un punto de vista técnico el comportamiento de la pasta de cemento y del Poliestireno según sus características.

## **Instrumentos**

- **Certificaciones.** El instrumento nos permite recoger los datos de los diferentes ensayos de campo y laboratorio de la aplicación del método, certificando la veracidad de los datos y el cumplimiento de rigor científico con objetividad

### **1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.10.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.**

Después de la crisis energética de los años 70, los países desarrollados pusieron de manifiesto la necesidad de estudiar los edificios desde el punto de vista térmico, incorporando aislación térmica para conseguir el mayor ahorro posible de energía en vista de su creciente costo y dada su dependencia de provisión foránea de petróleo, a raíz de lo cual los materiales aislantes térmicos comenzaron a jugar un rol preponderante y masivo para reducir la demanda energética.

Proponemos reemplazar los tradicionales ladrillos de arcilla por el poliestireno, material que reduce el peso del elemento aligerante de un entrepiso en un 99 %, lo que disminuye el peso propio del sistema en un 40 % aproximadamente; además, le confiere al sistema de entrepiso propiedades de aislante térmico y acústico.

Debemos tener en cuenta que para la elección del sistema a usar debemos considerar los criterios estructurales, arquitectónicos, los rendimientos en la construcción y costo final de la estructura.

#### **1.10.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.**

La necesidad de protegerse contra los elementos hostiles para el perfecto desarrollo, equilibrio y bienestar social de la vida humana ha sido un problema permanente con el que se ha tenido que enfrentar la humanidad desde sus orígenes, por lo que la noción de confort térmico en las construcciones ha sido un requerimiento muy antiguo y vigente.

Es así que el concepto de cobijarse del medio exterior a través de los diversos modos de habitación que ha experimentado el ser humano en la historia, por una necesidad básica para guarecerse de las condiciones adversas, entre ellas el clima, está directamente asociado a los materiales que le han servido de abrigo para desenvolverse en su hábitat.

Dentro del universo de materiales que se han utilizado para edificar y posibilitar algún grado de protección térmica a las construcciones desde antaño, surgieron con el tiempo nuevos materiales y productos con buenas propiedades de comportamiento térmico y clasificado como aislantes y acondicionamiento térmico para todas las viviendas, mejoramiento de calidad de vida de la población y más allá de la actual distancia respecto de las condiciones de confort y de la baja demanda de energía.

#### **1.10.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.**

Para afrontar los grandes desafíos de la industria de la construcción, como son entre otros, un mercado competitivo, mayor complejidad de los proyectos, reducción de costos y plazos de ejecución, requerimientos de tecnología avanzada, exigencias de calidad, productividad y seguridad.

Lo que significa que el desarrollo del presente trabajo tiene por objetivo principal presentar técnicas de construcción de edificaciones económicas, o de bajo costo, y sus procedimientos sean sencillos y no requieran de técnicas y uso de equipos que no se cuenta. Se ha efectuado la cotización de la venta de poliestireno expandido sus costos son razonables y no requiere de equipos especiales, para su aplicación, más bien cierta capacitación; aspectos que permitirá desarrollar los trabajos de construcción y albañilería de calidad.

#### **1.10.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.**

Mejorar la calidad de vida de la población mediante un mejor confort térmico y los beneficios que ello reporta: mayor habitabilidad, mejor salud, menor contaminación y mayor durabilidad de la vivienda.

El poliestireno, al ser uno de los mejores aislantes térmicos, se usa ampliamente en la construcción de edificios ahorradores de energía. Un edificio aislado adecuadamente con espuma de poliestireno puede reducir la energía utilizada para climatizarlo hasta un 40%. De esta manera se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

El poliestireno expandido (EPS), siendo un material de aislamiento térmico eficiente y efectivo puede desempeñar un papel en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera, haciendo una contribución muy positiva para la disminución del calentamiento global. En su fabricación no se utilizan CFCs o HCFCs como agentes de espumado, de modo que el EPS no causa ningún daño a la capa de ozono. En el caso de requerir calefaccionar o refrigerar es un sistema no contaminante y eficiente de bajo costo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Un hecho real hoy en día en nuestro país, es la mentalidad cerrada de la sociedad. Normalmente, es común la construcción con materiales tradicionales (hormigón, cerámica...), es por este factor que los nuevos sistemas constructivos con materiales no tradicionales tienen un apoyo minoritario en el mundo de la construcción actual.

Como no es frecuente ejecutar este tipo de obra, los responsables especializados del montaje de este sistema son escasos. Esto provoca que se construyan menos obras con este tipo de producto. Estos factores crean un círculo cerrado del cual es difícil su inserción en la construcción.

Por lo que para el desarrollo del presente trabajo de tesis se ha considerado como antecedentes los siguientes trabajos cuyas características detallamos a continuación:

#### **2.2. PRIMER ANTECEDENTE.**

**ENTIDAD** : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA – Facultad de Ingeniería– Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Lima – Perú – 2009.

**TEMA:** CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES.

**AUTOR** : RIVERA RISCO, Ramón Eduardo.

El auge de la construcción en nuestro país, ha permitido que bachilleres en construcción civil, puedan aplicar sus conocimientos teóricos recibidos en las aulas universitarias directamente en la práctica de la ejecución de obras.

La utilización de herramientas como el presupuesto de obras, análisis de costos unitarios y programación de obra, obliga a la utilización de nuevos sistemas de

construcción, nuevos materiales y organización del personal, con el fin de optimizar los costos de la obra y rentabilizar su ejecución.

Algunos de estas acciones son verdaderamente simples y sorprendentes, por ejemplo, el mantenimiento desde el inicio de la obra con limpieza sistemática, de los materiales y equipos debidamente ordenados en el almacén, el uso de todos los implementos de seguridad, ahorran significativamente los costos finales, lo que crea en definitiva un hábito en el responsable de la obra.

La innovación en el uso de materiales nuevos que reemplazan a los usuales, no producen a veces el resultado esperado, sin embargo originan nuevas ideas que puestas en práctica alcanzan el éxito técnico y económico previsto, y es un nuevo sistema que se comienza a considerarse y a usarse con más frecuencia.

El presente trabajo es el resultado de la experiencia que he conseguido durante varios años de trabajos de construcción de edificios multifamiliares, en los que he aplicado mi aprendizaje primero, conocimiento después y posterior experiencia en la edificación

### **2.3. SEGUNDO ANTECEDENTE.**

**ENTIDAD** : UNIVERSIDAD DE PIURA – Facultad de Ingeniería – Piura

– Perú – 2002.

**TEMA** : “ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LOSAS DE ENTREPISO”

**AUTORA** : Maritza RAMOS RUGEL.

Con la finalidad de proponer sistemas de entrepiso más ventajosos que el sistema de losas aligeradas con ladrillos de arcilla comúnmente usada por un sector de la construcción, se realizó la tesis titulada “Análisis técnico y económico de losas de entrepiso”. Un objetivo es determinar las diferencias entre las losas compuestas con las láminas colaborantes, las losas aligeradas en una y dos direcciones y las losas compuestas con viguetas pretensadas, determinando las luces que se

pueden cubrir con estos sistemas bajo ciertas condiciones de servicio. Además realizamos diseños para dos paños de losa, que permitieron establecer el sistema de entrepiso más adecuado. A lo largo del desarrollo de la tesis, describimos la metodología a seguir para los diseños.

Proponemos reemplazar los tradicionales ladrillos de arcilla por el poliestireno, material que reduce el peso del elemento aligerante de un entrepiso en un 99%, lo que disminuye el peso propio del sistema en un 40% aproximadamente; además, le confiere al sistema de entrepiso propiedades de aislante térmico y acústico.

Para luces menores a cuatro metros recomendamos el uso de losas vaciadas in situ y losas compuestas con láminas colaborantes. Las segundas soportan mayor carga de servicio que las primeras. Las losas compuestas con viguetas pretensadas permiten cubrir luces mayores de 4.0 hasta 8.0 metros, dependiendo del área del refuerzo de preesfuerzo. Para estas luces también puede ser usado el sistema de losas in situ aligeradas en dos direcciones con una losa inferior para evitar los trabajos posteriores del cielorraso, siempre y cuando el paño a diseñar esté apoyado de tal manera que permita una acción en dos direcciones.

Debemos tener en cuenta que para la elección del sistema a usar debemos considerar los criterios estructurales, arquitectónicos, los rendimientos en la construcción y costo final de la estructura.

#### **2.4. TERCER ANTECEDENTE.**

**ENTIDAD** : UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA – Escuela  
de Arquitectura e Ingeniería de Edificación – España –  
2012.

**TEMA** : CONSTRUCCIÓN CON PANELES ESTRUCTURALES DE  
POLIESTIRENO EXPANDIDO

**AUTORA** : Nuria MARTÍNEZ MARTÍNEZ.

El objeto del Proyecto Final de Grado es estudiar un sistema constructivo diferente al tradicionalmente ejecutado en nuestro país. El sistema a analizar se compone de paneles estructurales de Poliestireno Expandido (EPS) y mallazos de acero en ambas caras recubiertos de microhormigón proyectado.

El propósito es conocer si este sistema constructivo es factible o no, qué condiciones presenta y si es rentable utilizarlo en España.

La elección de este Proyecto Final de Grado se basa en buscar otra solución alternativa a la edificación que se realiza en el país, puesto que los sistemas tradicionales, tales como obra de fábrica y construcciones con hormigón armado, abarcan la mayoría de las construcciones realizadas en España. A diferencia de otros países como Holanda, Francia o Alemania que han sufrido una evolución en la construcción y trabajan con nuevos sistemas de prefabricados y semiprefabricados.

Puesto que el poliestireno expandido tiene múltiples aplicaciones en el ámbito de la construcción, este proyecto se basará en la construcción de paneles simples aplicados a toda la estructura de una vivienda.

## **2.5. MARCO TEORICO BASICO.**

### **2.5.1. NUEVAS INNOVACIONES EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN EL PERÚ.**

En el Perú existe la necesidad de contar con sistemas constructivos más eficientes y económicos, lo que requiere de nuevos conceptos en el diseño y la construcción de losas estructurales en edificaciones ante las grandes limitaciones técnicas y constructivas de los sistemas convencionales que se han mantenido hasta la actualidad y que forman parte de la cultura del sector de construcción. Por ello, con esta tesis pretendemos dar a conocer los distintos sistemas constructivos así como sus ventajas y desventajas, con el objetivo de tener un texto que sirva como guía y comprensión en el estudio del comportamiento de losas de entrepiso apoyadas sobre vigas.

Las losas de entrepiso aligeradas se consideran como uno de los elementos más usados en la construcción. Se usan con la finalidad de conseguir estructuras más ligeras y económicas, lo que es beneficioso para disminuir las fuerzas originadas por la acción de los sismos, así como las dimensiones de las cimentaciones y de otros elementos de la estructura.

## **2.5.2. DEFINICIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO.**

El Poliestireno Expandido, o de forma abreviada EPS, es una espuma plástica, rígida y ligera fabricada a partir de perlas de poliestireno que contienen una pequeña cantidad de un agente expandente, el pentano. Cuando estas perlas se someten a alta temperatura mediante vapor de agua, el pentano se evapora expandiendo las perlas en una primera fase hasta 50 veces su volumen inicial. Tras un almacenaje o maduración de las perlas pre- expandidas, se someten nuevamente a inyección de vapor confinadas en moldes cerrados, expandiéndose nuevamente hasta soldarse entre sí para formar bloques o formas adaptadas a aplicaciones específicas, quedando así el EPS listo para su incorporación en el mercado.

El EPS se utiliza en el sector de la construcción principalmente como aislamiento térmico y acústico; en el campo del envase y embalaje para diferentes sectores de actividad y en una serie de aplicaciones diversas.

### **2.5.2.1. OBTENCIÓN MATERIA PRIMA.**

El poliestireno expandido se obtiene a partir de la transformación del poliestireno expandible. Esta materia prima, es un polímero del estireno (plástico celular y rígido) que contiene un agente expansor: el pentano. Como todos los materiales plásticos, el poliestireno expandido deriva en último término del petróleo.

A partir del procesado del gas natural y el del petróleo se obtienen, mayoritariamente como subproductos, el etileno y diversos compuestos aromáticos. De los cuales obtenemos el estireno. Este estireno monómero junto con el agente expansor (pentano) sufre un proceso de polimerización en un

reactor con agua dando lugar al poliestireno expandible, la materia prima de partida para la fabricación del poliestireno expandido.

#### **2.5.2.2. RESISTENCIA MECÁNICA.**

La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de poliestireno expandido se estudia generalmente a través de las propiedades siguientes:

Resistencia a compresión para una deformación del 10%;

Resistencia a flexión;

Resistencia a tracción;

Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante.

Estas propiedades son exigidas en los productos de EPS sometidos a cargas (suelos, cubiertas, aislamiento perimetral muros...). En la práctica, la deformación del EPS en estas aplicaciones es menor al 10 % marcado. Este parámetro se escogió para tener repetitividad en los resultados ya que los productos de EPS tienen una deformación por fluencia de compresión inferior al 2 % o menos, después de 50 años, mientras estén sometidos a una tensión permanente de compresión de 0,30 Kpa.

Para cada tipo de materia prima, la densidad del material guarda una estrecha correlación con las propiedades mecánicas. A continuación se muestra una gráfica con los valores alcanzados por la resistencia a compresión en función de la densidad aparente de los materiales de EPS.

#### **2.5.2.3. COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA Y AL VAPOR DE AGUA.**

El poliestireno expandido no es un material higroscópico, es decir, no tiene capacidad de absorber agua. Incluso sumergiendo el material durante 28 días en su totalidad en agua, la absorción del material oscila entre 1 % y 3 % de su volumen. Estos niveles se pueden reducir considerablemente con las nuevas tecnologías aplicables en la elaboración de la materia prima.

En cambio, cuando entre los dos laterales del material se establece una diferencia de presiones y temperaturas el vapor de agua penetra en el interior de la estructura celular del EPS.

Para determinar la resistencia de difusión del vapor de agua, se utiliza el factor a dimensional  $\mu$  que indica cuantas veces es mayor la resistencia a la difusión del vapor de agua de un material con respecto a una capa de aire de igual espesor (para aire  $\mu = 1$ ).

#### **2.5.2.4. AISLAMIENTO TÉRMICO.**

El poliestireno expandido es un material con excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío.

Se debe a la propia estructura del material, que esencialmente consiste en aire oculto dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente el 98 % del volumen del material es aire (el aire en reposo es un excelente aislante térmico) y únicamente el 2% es poliestireno (materia sólida).

La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica  $\lambda$  que en el caso de los productos de EPS varía (al igual que las propiedades mecánicas) con la densidad aparente.

Existen nuevos desarrollos tecnológicos de la materia prima que aportan a los productos de poliestireno expandido coeficientes de conductividad térmica considerablemente inferiores obtenidos por las materias primas estándares.

#### **2.5.2.5. COMPORTAMIENTO FRENTE A FACTORES ATMOSFÉRICOS.**

La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento pueden lograr a erosionarla. Dichos efectos pueden evitarse con medidas sencillas, en las aplicaciones de construcción con pinturas, revestimientos y recubrimientos.

Debido a que estos efectos sólo se muestran tras la exposición prolongada a la radiación UV, en el caso de las aplicaciones de envase y embalaje no es objeto de consideración.

#### **2.5.2.6. ESTABILIDAD DIMENSIONAL.**

Los productos de poliestireno expandido, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debido a la influencia térmica. Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de la dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa en valores que oscilan en el intervalo de  $5-7 \times 10^{-5} \text{ K}$ , es decir entre 0,05 y 0,07 mm por metro de longitud y grado Kelvin.

Un caso práctico de lo explicado anteriormente es por ejemplo, una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2 m de longitud y sometida a un salto térmico de 20°C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2,8 mm.

#### **2.5.2.7. ESTABILIDAD FRENTE A LA TEMPERATURA.**

El poliestireno expandido puede sufrir variaciones o alteraciones por efecto de la acción térmica. El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad, sin que sus propiedades se vean afectadas, no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100 °C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80 °C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 Kpa.

#### **2.5.2.8. PROPIEDADES BIOLÓGICAS.**

El poliestireno expandido es imputrescible, no enmohece y no se descompone, debido a que no constituye substrato nutritivo alguno para los microorganismos.

Aunque el EPS no sea un material biológicamente atacable, en presencia de mucha suciedad el poliestireno expandido puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado

por las bacterias del suelo. Los productos EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecida, cualidad por la que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio.

En cuanto al efecto a consecuencia de las temperaturas, mantiene las dimensiones estables hasta los 85 °C y no produce descomposición ni formación de gases nocivos.

#### **2.5.2.9. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO.**

Las materias primas que componen el poliestireno expandido, son polímeros y copolímeros del estireno, que contienen una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión. Todo ellos, en principio, son materiales combustibles. El agente de expansión, los hidrocarburos, se volatilizan progresivamente durante el proceso de transformación. E 10 % residual, requiere de una fase de almacenamiento durante un tiempo determinado, en función de las especificaciones del producto final: dimensiones, densidad, resistencia, etc. En el caso de tener que hacer uso de estos productos antes de cumplir esta fase de almacenamiento, se tendrán que tomar medidas de prevención contra incendios.

Al ser expuestos a temperaturas superiores a 100°C, los productos de poliestireno expandido, se reblandecen lentamente y se contraen, si la temperatura sigue aumentando, se funden. Si la exposición a estas temperaturas persiste, el material fundido emite unos productos de descomposición de tipo gaseoso e inflamable. En ausencia de un foco de ignición, los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta alcanzar temperaturas del orden de los 400 - 500 °C.

Existen diferentes tipos de materia prima utilizadas en la fabricación de poliestireno expandido, con sus propiedades específicas, que son las que determinan el desarrollo, la amplitud, la intensidad y duración del incendio. Todo esto determina que el EPS se pueda clasificar según dos grupos: el de tipo estándar (M4) y el autoextinguible (M1).

Un material de tipo M1 autoextinguible, si hablamos del poliestireno expandido, es aquel que está tratando con productos ignífugos, y que si se expone a una llama, en principio se contrae. Solamente arderá si la exposición a la llama se prolonga y la forma de propagación de la llama se produce a una velocidad muy baja y sólo en la superficie del material. Un material M4 hablamos de materiales combustibles y fácilmente inflamables, donde el material experimenta un alto índice de combustibilidad y emite gases que, con una alta probabilidad, causan que el material arda.

#### **2.5.2.10. FACTORES MEDIO AMBIENTALES.**

Hoy en día se está imponiendo el concepto de desarrollo sostenible en el que se tienen en cuenta los factores medioambientales ligados a un determinado producto, en este caso el poliestireno expandido. El 50% del EPS se utiliza para aplicaciones duraderas como el aislamiento térmico de los edificios, o como material de aligeramiento en diferentes construcciones. El hecho de que cada vez se recicle una mayor cantidad de embalajes de EPS implica que la cantidad de residuos de este material que finalizan en la corriente de residuos sólidos urbanos sea cada vez más reducida.

Existen, principalmente, tres opciones para el aprovechamiento del EPS una vez acabada su función para la que fue creado:

#### **2.5.2.11. RECICLADO MECÁNICO.**

El poliestireno expandido puede reciclarse mecánicamente a través de diferentes formas y para diversas aplicaciones. A continuación se explicarán las cuatro maneras de reciclado mecánico del EPS:

#### **2.5.2.12. FABRICACIÓN DE NUEVAS PIEZAS DE EPS.**

Los envases y embalajes post-consumo pueden triturarse y destinarse a la fabricación de nuevas piezas en Poliestireno Expandido. De esta forma se fabrican nuevos embalajes con contenido reciclado o planchas para la construcción.

#### **2.5.2.13. MEJORA DE SUELOS.**

Los residuos de EPS una vez triturados y molidos se emplean para ser mezclados con la tierra y de esta forma mejorar su drenaje y aireación. También pueden destinarse a la aireación de los residuos orgánicos constituyendo una valiosa ayuda para la elaboración del compost (tipo de abono).

#### **2.5.2.14. INCORPORACIÓN A OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.**

Los residuos de EPS tras su molido a diferentes granulometrías, se mezclan con otros materiales de construcción para fabricar ladrillos ligeros y porosos, morteros y enlucidos aislantes, hormigones ligeros, etc.

Ladrillos de tecnopor (caseton) de poliestireno expandido, son ladrillos de Termoform, elementos prismáticos que reemplazan a los tradicionales ladrillos de arcilla para techo; pudiendo ser utilizados en todo tipo de techo aligerado, tienen como su principal característica la casi total ausencia de peso, comparado con los materiales tradicionales para este tipo de construcción. Así mismo tiene una serie de ventajas referentes a costos y versatilidad como adherencia con los demás materiales en la construcción en sus diferentes aplicaciones en los procesos constructivos logrando óptimo rendimiento.

#### **2.5.2.15. PRODUCCIÓN DE GRANZA DE PS.**

Los embalajes de EPS usados se transforman fácilmente mediante simples procesos de fusión o sinterizado obteniéndose nuevamente el material de partida: el poliestireno compacto-PS en forma de granza. La granza así obtenida puede utilizarse para fabricar piezas sencillas mediante moldeo por inyección, como perchas, bolígrafos, carcasas, material de oficina, etc. o extrusión en placas u otras formas para utilizarse como sustituto de la madera (bancos, postes, celosías...).

### **2.5.2.16. RECUPERACIÓN ENERGÉTICA.**

La recuperación energética es la obtención de energía, normalmente en forma de calor, a partir de la combustión de los residuos. Este proceso es una opción de gestión de los residuos muy adecuada para aquellos productos y materiales que por diversos motivos no pueden ser reciclados fácilmente. Para los residuos "sucios" como las cajas de pescado o los semilleros, la recuperación energética es una opción de gestión de residuos seguros y adecuados con la que se puede obtener un beneficio medioambiental de los mismos a través del aprovechamiento de su energía intrínseca.

La combustión del EPS en instalaciones de recuperación energética no produce gases dañinos ya que las emisiones se controlan y filtran cuidadosamente. En las modernas plantas de combustión el EPS libera la mayor parte de su contenido energético en forma de calor ayudando a la combustión de otros residuos y emitiendo únicamente dióxido de carbono, vapor de agua y trazas de cenizas no tóxicas. Es importante destacar que el EPS no contiene ningún gas de la familia de los CFCs. Los plásticos, como el EPS, de hecho "toman prestada" la energía contenida en el petróleo que se utiliza para su fabricación y más tarde la "devuelven" tras su utilización cuando se utilizan como combustible en los procesos de recuperación energética.

### **2.5.2.17. VERTIDO.**

El vertido de los residuos de embalajes de EPS es el método de gestión de residuos menos aceptable porque implica perder una oportunidad de recuperar recursos valiosos.

Pero cuando no haya otro método de recuperación alternativo y viable, los residuos de EPS pueden destinarse al vertido con total seguridad ya que el material es biológicamente inerte, no tóxico y estable. El EPS no contribuye a la formación de gas metano (con su correspondiente potencial de efecto invernadero), ni tampoco supone ningún riesgo, por su carácter inerte y estable, para las aguas subterráneas.

### **2.5.2.18. APLICACIONES PRINCIPALES DEL EPS.**

El poliestireno expandido se utiliza en multitud de materiales diversos según su funcionalidad. Para poder clasificar todas sus aplicaciones dividiremos este apartado en tres grupos de aplicaciones:

Obra civil;

Industria;

Edificación.

### **2.5.2.19. OBRA CIVIL.**

El EPS es muy adecuado para su uso en el sector de ingeniería civil, debido a su efecto aislante, que evita que se congele el subsuelo eliminando los problemas correspondientes del deshielo, y debido a su resistencia mecánica y a su cohesión, permiten la construcción de estructuras con una enorme resistencia vertical y horizontal.

El EPS tiene diversas aplicaciones posibles en el sector de ingeniería civil que proceden de las ventajas que ofrece como material de cimentación ligero debido a sus especiales propiedades. A continuación hay una serie de ejemplos de aplicaciones del EPS en la obra civil:

Construcción de carreteras libres de asentamiento;

Elevación y drenaje de campos de deportes, parques y zonas con césped;

Elevación libre de asentamiento de espacios y terrenos para aparcamiento;

Reducción de carga mediante relleno para reforzar pasos elevados y alcantarillas y mediante elevación de rampas de entrada y salida;

Elevaciones encima de gasoductos enterrados preexistentes;

Reducción de las cargas laterales reforzando cimentaciones de pilotes en restauración de zonas urbana;

Elevaciones para barreras de ruido;

Cimentaciones para cobertizos y edificios ligeros;

Reparación de asentamientos en carreteras existentes;

Rampas para diques o edificios existentes;

Pavimentos de patios y parcelas;

Terreros y pisos industriales.

#### **2.5.2.20. EDIFICACIÓN.**

Las cualidades del poliestireno expandido tanto en su amplia gama de prestaciones así como los formatos en que se puede presentar le convierten en un material con amplias posibilidades de aplicación dentro del ámbito de la edificación. Las aplicaciones en esta área se centran, fundamentalmente:

Soluciones constructivas para el aislamiento termo-acústico de los diferentes cerramientos;

Soluciones de aligeramiento y conformado de diversas estructuras de la edificación;

Aplicaciones como moldes de encofrado y juntas de dilatación;

Material aligerante y conformador de estructuras.

El proceso de transformación del poliestireno expandido posibilita la amplia variación en la densidad de los materiales y de sus propiedades. La construcción actual y futura se caracteriza por las exigencias de ahorro energético, la protección contra el ruido y el medio ambiente.

En condiciones climáticas tanto rigurosas como moderadas, el aislamiento térmico de todo tipo de edificación juega un papel muy importante. El coste energético para la climatización en verano es superior al necesario para calefactar en invierno.

El poliestireno expandido posee múltiples soluciones en los sistemas constructivos, tales como aislamiento de fachadas, cubiertas, suelos calefactados, etc. Dichas soluciones aportan ventajas en la relación coste/efectividad y reducen el riesgo de error en la ejecución.

#### **2.5.2.21. CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES DE EPS.**

##### **FUNDACIONES.**

El sistema constructivo Exacta se adapta a cualquier sistema de fundación:

Sistema cimiento, sobre cimiento y radier.

Sistema radier con Zarpa (recomendable).

Lo más importante e indispensable es modular tanto los muros perimetrales como interiores en un múltiplo de 12,5 cms. De esta forma se consigue un mejor rendimiento y mayor aprovechamiento del sistema, disminuyendo la pérdida que pueda generarse por mal aprovechamiento del sistema.

La modulación se debe realizar antes de iniciar las fundaciones, ya sea en el proyecto o antes de hormigonar las fundaciones y/o trazar los muros. En caso contrario el sistema no cumpliría con el objetivo principal, por lo tanto el sistema se hace deficiente y no se consiguen los tiempos y plazos de ejecución.

#### **2.5.2.22. SISTEMA CIMIENTO, SOBRECIMIENTO Y RADIER.**

Es un sistema por el cual cada una de las etapas se hace por separado.

#### **2.5.2.23. SISTEMA RADIER CON ZARPA.**

Es un sistema por el cual se hormigona el radier y la zarpa en conjunto. Esto se obtiene encajonando la línea perimetral a ser construida. Mediante un camión mixer, se rellena sin juntas y de una vez toda el área de la construcción. Es muy importante insertar barras de fierro en el radier, ubicadas en posición central al encofrado, según planos de cálculo ver (Fig. 2). Exacta para obtener un adecuado anclaje del muro.

#### **2.5.2.24. ANCLAJE.**

Se deben insertar barras de fierro de diámetro 10 cada 50 cm. en todo el perímetro donde se va a apoyar el muro, antes de que fragüe el hormigón, a fin de obtener una buena unión estructural radier-muro. La barra de fierro debe insertarse dentro del hormigón al menos 20 cm. y debe sobresalir, como mínimo, 40 veces el diámetro del espesor.

En caso de tratarse de subterráneos la armadura debe ubicarse cada 25 cm., siempre y cuando así lo defina el Ingeniero Calculista.

En el caso de subterráneos, las barras se ubican en posición descentrada con respecto a ejes y hacia el interior, siempre y cuando así lo determinen los planos de cálculo.

#### **2.5.2.25. CONSTRUCCIÓN DE MUROS.**

##### **TRAZADO.**

Una vez lista la fundación, marque todos los muros ya modulados en múltiplo de 12,5 cms. Interiores y exteriores por la línea perimetral del muro con un trazador. Es importante que el trazado sea por la línea exterior del muro. Colocar guías por el exterior del trazo (palillaje) para dar base de apoyo e impedir el escurrimiento de la lechada de hormigón (en la primera Hilada).

##### **MONTAJE.**

##### **Encastre:**

Las caras superior e inferior del ladrillo Exacta están construidas por encastres macho y hembra que permiten un perfecto ensamble de los mismos. La correcta ubicación es con el encastre hacia arriba.

##### **Cortado de Ladrillos:**

Para el dimensionado de los ladrillos sólo es necesario un serrucho de punta fina o una sierra circular eléctrica. Para facilitar esta operación, las caras externas del

ladrillo tienen guías cada 12,5 cm, lográndose de esta manera, cortes de gran exactitud para adaptar a las medidas necesarias en obra.

### **3. LEVANTAMIENTO DE MUROS.**

Los ladrillos se deben encastrar en forma alternada para asegurar un correcto ensamble de todas las hiladas. Esto se consigue solo cuando los muros están modulados de acuerdo a lo indicado anteriormente.

### **4. ARMADURA.**

Los nervios centrales del bloque fueron diseñados para que la colocación de la armadura horizontal, sea lo más simple posible, facilitando su ubicación en el lugar más adecuado.

En el ladrillo EXACTA 250, dichos nervios poseen concavidades moldeadas que sujetan las barras horizontales cuando se vierte el hormigón. La distancia entre la cara externa del hormigón y la barra de fierro es de 15 mm. En el ladrillo EXACTA 125 esta armadura se ubica en la posición central del muro.

### **5. APUNTALAMIENTO.**

Una vez que los muros están levantados en toda su longitud se procede a apuntalar el muro para que al llenarlo con hormigón no se pierdan los planos.

### **6. VANOS DE PUERTAS Y VENTANAS.**

El sistema Exacta admite cualquier tipo de aberturas (madera, chapa, aluminio, pvc, etc.) de tamaño Standard o hecho a medida.

### **7. RELLENO DE HORMIGÓN.**

El llenado con hormigón del muro puede efectuarse manualmente o con bomba de hormigón. Se recomienda el llenado con bomba en el ladrillo E-250, con un flexible no superior a  $\text{Ø } 3 \frac{1}{2}$ ", de esta forma se disminuye considerablemente el tiempo de ejecución de llenado., se debe contar con un operador de bombas calificado en hormigonado de muros presente antes y durante el llenado.

## 8. AGUA.

Partir de la relación cemento – arena en un rango de 1:3,5 hasta 1:4,5 en volumen, 8 % de agua así como añadir los aditivos que se consideren necesarios para mejorar la calidad de la mezcla. Esto permite que se PUEDA PROYECTAR CON EL MENOR CONTENIDO DE AGUA POSIBLE.

La dosificación de cada uno de los materiales que componen mezcla, por metro cubico, será lo siguientes:

Cemento	350Kg
Arena	1,600 Kg
Agua	160 litros

El contenido de agua deberá variar en función de la humedad del inerte. Y en cada caso la clase de consistencia, medida con el cono de Abrams deberá ser S2 (menos 5 cm.)

### 2.5.3. REVESTIMIENTOS.

Existe una gran variedad de revestimientos para recubrir el poliestireno expandido:

#### 1. ESTUCADO CEMENTICIO (POLIPLUS 2).

El procedimiento más común es la aplicación de revestimientos cementicios con aditivos plastificantes (POLIPLUS 2), incorporándose una malla de refuerzo de tela de fibra de vidrio o de plástico.

#### 2. YESO.

En paredes interiores se puede usar directamente 1 cm. (como máximo) de yeso con o sin refuerzo de cemento, sin necesidad de aplicar ninguna base para mejorar la adherencia. Así se logra el mejor acabado posible en forma muy sencilla y económica.

### **3. ENCHAPE DE LADRILLOS Y CERÁMICOS.**

Se adhieren con un adhesivo cementicio apropiado, directamente sobre la superficie del poliestireno.

#### **2.5.3.1. GASFITERÍA Y ELECTRICIDAD. INSTALACIÓN DE CONDUCTOS.**

##### **1. PEQUEÑO DIÁMETRO.**

Se define en el sistema como conductos de pequeño diámetro, a aquellos que no sobrepasan el ancho de las caras laterales del ladrillo de poliestireno expandido (hasta  $1\frac{3}{4} = 4,5$  cm diámetro, instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas).

Existe una gran variedad de posibilidades para cortar y formar las canaletas en la cara del poliestireno expandido por donde han de pasar todas las instalaciones sanitarias y eléctricas del edificio. La más común de todas es usar una soldadora de estaño a la cual se le intercambian las puntas en función del diámetro de la cañería. Con este procedimiento se logran instalaciones rápidas y prolijas.

##### **2. GRAN DIÁMETRO.**

Se trata de conductos cuyo diámetro es mayor que  $1\frac{3}{4}$  (4,5 cm.), por lo general desagües fluviales, ventilaciones sanitarias o tuberías para pasar grandes manojos de cables.

Para el ladrillo E-125, no se recomienda la canalización de tuberías superiores a 4 cm. Por el interior, para este tipo de tuberías se recomienda conducir las por el exterior del muro con un staff.

## CAPÍTULO III

### PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3. FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

##### 3.2. Generalidades

El presente informe técnico, corresponde al estudio del poliestireno expandido y su uso como elemento constructivo en la construcción de techos aligerados en la ciudad de Puno y como es su adherencia con los materiales de acabados en los cielos rasos. En la ciudad de Puno.

##### 3.2.1. Ubicación y descripción del Área en Estudio.

El estudio del uso de los poliestirenos expandidos como elementos constructivos en la construcción de techos aligerados se encuentra se encuentran ubicados dentro de la ciudad de Puno.

##### 3.2.2. Acceso al Área en Estudio.

El área de estudio se encuentra dentro de la misma ciudad de Puno. Dentro del radio urbano.

##### 3.2.2.1. Condición Climática.

La ciudad de Puno tiene un clima altiplánico, teniendo los meses más fríos entre mayo y Setiembre con temperaturas que descienden hasta 10°C bajo cero.

La temperatura es muy variable entre el día y la noche, siendo los meses de Junio y Julio los más fríos con temperaturas que llegan a -12°C.

##### 3.2.2.2. Etapas del estudio

Los trabajos se efectuaron en 3 Faces para determinar la adherencia en los cielos rasos.

Se efectuaron trabajos de reconocimiento de las zonas descubiertas del poliestireno expandido, identificación de los tipos de ángulos de las cribas, y la toma de datos de manera minuciosa del área a recubrir en los cielos rasos de los techos del poliestireno expandido.

#### **3.2.2.3. Fase de Laboratorio**

Las muestras obtenidas en el campo fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos con el objeto de determinar sus propiedades físicas y mecánicas tanto del poliestireno expandido y así mismo también de los elementos constructivos que intervienen en el recubrimiento de los cielos rasos.

#### **3.2.2.4. Fase de Gabinete**

A partir de los resultados en Campo y Laboratorio, se ha elaborado el presente informe técnico final.

Se ha cuantificado las cantidades de insumos para realizar las adherencias sin mallas armadas.

#### **3.2.2.5. Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM-D-422)**

Consistiendo este ensayo en pasar una muestra de suelo seco a través de una serie de mallas de dimensiones estandarizadas a fin de determinar las proporciones relativas de los diversos tamaños de las partículas.

#### **3.2.2.6. Contenido de Humedad Natural (ASTM-D-2216)**

Que es un ensayo rutinario de Laboratorio para determinar la cantidad dada de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

#### **3.2.2.7. Gravedad Específica de los Sólidos (ASTM D-854)**

Mediante este ensayo se determina el peso específico de las sustancias sólidas existentes en el suelo.

### 3.2.2.8. Sismicidad.

Desde el punto de vista sísmico, el territorio Peruano, pertenece al Círculo Circumpacífico, que comprende las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo y por lo tanto se encuentra sometido con frecuencia a movimientos telúricos. Pero, dentro del territorio nacional, existen varias zonas que se diferencian por su mayor ó menor frecuencia de estos movimientos, así tenemos que las Normas Sismo - resistentes del Reglamento Nacional de Construcciones, divide al país en tres zonas:

**Zona 1.-** Comprende la ciudad de Iquitos, y parte del Departamento de Iquitos, parte del Departamento de Ucayali y Madre de Dios; en esta región la sismicidad es baja.

**Zona 2.-** En esta zona la sismicidad es medía. Comprende el resto de la región de la selva, Puno, Madre de Dios, y parte del Cusco. En esta región los sismos se presentan con mucha frecuencia, pero no son percibidos por las personas en la mayoría de las veces.

**Zona 3.-** Es la zona de más alta sismicidad. Comprende toda la costa peruana, de Tumbes a Tacna, la sierra norte y central, así como, parte de ceja de selva; es la zona más afectada por los fenómenos telúricos.

La ciudad en estudio, se encuentra en la **Zona 2**, de baja sismicidad. A pesar de ello, en sus características estructurales no se identifican rasgos sobre fenómenos de tectonismo que hayan influido en la estructura geológica de la zona.

En el departamento de Puno, cerca de los límites de Arequipa y Cusco, se han registrado sismos con una intensidad de VI MM (Mercalli Modificado) que es considerada sismicidad alta, según el Mapa de Distribución de máximas Intensidades Sísmicas

(Alva et al, 1984). Según esta intensidad los sismos causan daños ligeros, asimismo se conoce estos sismos tienen hipocentros de profundidades intermedias

que varía de 40 a 130 km. Con respecto a la magnitud de estos sismos producidos están en el orden de 4.0 a 6.5 Mb.

De lo anterior se puede concluir que el área del proyecto presenta un riesgo sísmico moderado. No obstante, dado que el proyecto vial implica construcción de muros de retención que son susceptibles de sufrir deslizamientos, colapsara y fallar por estos movimientos, por lo tanto el riesgo sísmico del área es medianamente significativo.

Adicionalmente este subtramo en la parte superior o cabecera del talud debe realizarse una zanja de coronación de tierra para evita la filtración y saturación de las precipitaciones pluviales.

El corte cuales deben realizarse con maquinaria adecuada, ya que son materiales medianamente blandos a semiduros, que no requieren voladura.

El banqueteo debe de realizarse entre la progresiva entre el 15+730 al 15+800, ya que este tramo es inestable, siendo el factor desestabilizante la capa de lutita cuando se realiza la saturación se comporta como material inestable.

# CAPÍTULO IV

## 4. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS

#### Prueba de hipótesis General

#### Hipótesis

H<sub>0</sub>: Los acabados tendrían mayor trabajabilidad con la aplicación del Poliestireno Expandido en la regio Puno.

H<sub>1</sub>: El factor de adherencia de los techos aligerados mejoraría con la aplicación del Poliestireno Expandido como elemento constructivo en la región Puno

Nivel de significancia = 0.05

Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

$$s / \sqrt{n}$$

Región crítica



## 5. Cálculos

### Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Valor de la muestra	3,709	4	,021	1219,800	306,60	2133,00

## 6. Conclusión

Como la  $t_{cal} = 3.709$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la  $H_0$ , se puede concluir que los acabados tiene efectos significativos, A nivel de significancia del 5%

### Prueba de hipótesis específica uno

#### Hipótesis

$H_0$ : Con la aplicación de las cribas a 45° con respecto a la horizontal permitiría adherir con igual significancia.

$H_1$ : Con la utilización de poliestireno expandido mejoraría la adherencia en el cielo raso, lo cual permitiría identificar con mayor significancia.

#### Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

## Región crítica



## Cálculos

### Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Peso específico	9,294	4	,001	5,606600	3,93166	7,28154

### 1. Conclusión

Como la  $t_{cal} = 9.294$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la  $H_0$ , se puede concluir que la adherencia es óptima con criba de  $45^\circ$ , a nivel de significancia del 5%.

Prueba de hipótesis específica dos

### 1. Hipótesis

$H_0$ : Los acabados tendrían mayor trabajabilidad con la aplicación del Poliestireno Expandido en la región Puno

$H_1$ : El factor de adherencia de los techos aligerados mejoraría con la aplicación del Poliestireno Expandido como elemento constructivo en la región Puno

## 2. Nivel de significancia

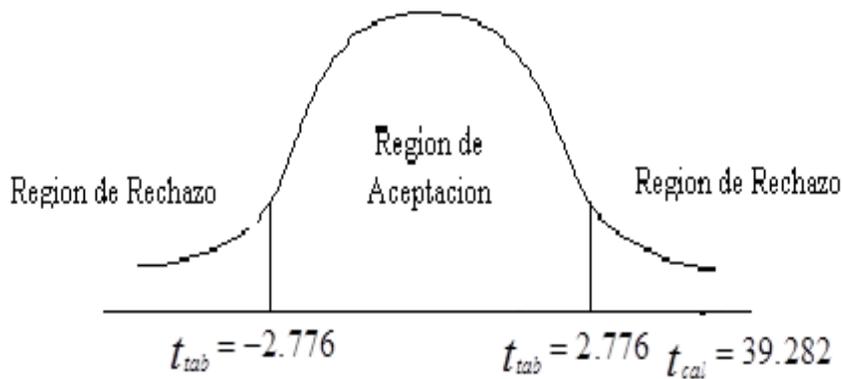
$$\alpha=0.05$$

### 1. Estadístico de prueba

$$T = \frac{x - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

$$s / \sqrt{n}$$

### 4. Región crítica



### 5. Cálculos

#### Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Factor de seguridad	39,282	4	,000	43,93400	40,8287	47,0393

#### **4. Conclusión**

Como la  $t_{cal} = 39.282$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la  $H_0$  se puede concluir que el factor de adherencia no tendría mayor incidencia con la aplicación con poliestireno expandido en la Ciudad de Puno. A nivel de significancia del 5%.

## 5. CONCLUSIONES

**PRIMERA.** Los resultados muestran que, con la aplicación como elemento constructivo del poliestireno expandido en la construcción de techos aligerados la trabajabilidad es baja, con bajos costos, ahorro de tiempo, ahorro de mano de obra calificada y ahorro de mano de obra no calificada, se puede concluir también que la utilización del poliestireno expandido tiene efectos significativos en la trabajabilidad y adherencia de enlucidos en los cielos rasos, A nivel de significancia del 5%

**SEGUNDA.** El factor de adherencia y el Angulo de las cribas es un indicador que permite señalar como utilizar el poliestireno expandido para la construcción de techos aligerados en la ciudad de Puno, A nivel de significancia del 5%, con lo que se concluye es factible su utilización.

## **6. RECOMENDACIONES**

**PRIMERA.-** A área de construcción de edificaciones para de viviendas de la ingeniería civil, que la utilización del poliestireno expandido si bien aligera el peso y disminuye el costo en la construcción de los techos aligerados estos factores al mismo tiempo se contradicen con la poca trabajabilidad de los cielos rasos, buscar otras formas mas sustentable para la utilización del poliestireno expandido.

**SEGUNDA.-** A los estudiantes y profesionales a seguir investigando otros factores que por razones económicas, de facilidad de proceso constructivo y de impacto ambiental se recomienda como solución para el problema de adherencia y trabajabilidad en el acabado del enlucido de cielos rasos en techos aligerados contruidos con poliestireno expandido.

## 7. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Concrete Pavement Progress, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL, Vol.40, No.4, USA, 2004
2. K. Terzaghi – R. Peck. El Ateneo – 1973Mecánica de SuelosLambe, T. W. y Withman, R. V. Editorial Limusa – Wiley S.A. – 1972
3. Geotecnia y Cimientos. Tomo II. Mecánica del suelo y de las rocas J. A. Jimenez Salas, J. L. De Justo Alpañes, A. A. Serrano GonzalezEditorial Rueda – 1981
4. Apuntes proporcionados por la cátedra“Estabilidad de Taludes” Carrera de Post-Grado en Ingeniería Estructural – Año 1985
5. Cañari Sánchez, Mariella (2001) “Estabilidad de Taludes de la Costa Verde”. Tesis para optar el grado de Bachiller. FIC - UNI.
6. Pacheco Zapata, Arturo Alejandro (2006) “Estabilizacion del Talud de la Costa Verde en la zona del distrito de San Isidro”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil - PUCP.
7. GEO - SLOPE (2002) SLOPE/W User’s Guide HIDROENERGIA – Consultores en ingeniería (1997) “Estabilidad del acantilado de la Costa Verde”
8. INGEMMET(1997) “Estudio de la Seguridad Física de los acantilados de la Costa Verde”
9. Koerner, Robert (1999) “Design with geosynthetics” 4th edition Prentice
10. Maccaferri de Perú Imágenes incluidas en la descripción general de los muros de gaviones “Especificaciones técnicas de los gaviones caja plastificados”  
<http://www.maccaferri.com.br>
11. Martinez Vargas, Alberto (1996) Estabilidad de Taludes
12. Morales Morales, Roberto (2002) “Diseño en Concreto Armado”
13. Norma ASTM C915 “Standard Specification for Precast Reinforced Concrete Crib WallMembers”

14. Rico y del Castillo Mecánica de suelos.Editorial Limusa 2003.
15. Dr. Jorge E. Alva HurtadoAnálisis de estabilidad de taludes.
16. HOEGH, K. & KHAZANOVICH, L. "Guidelines for Dowel Alignment in Concrete Pavements, Appendix A Review of Literature and Other Relevant Information", Prepared for National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Transportation Research Board of the National Academies Minneapolis, USA, 2009
17. "Laboratory Investigation of Misaligned Dowel Behavior", Journal of Testing and Evaluation, Vol.38, No.1, Paper ID JTE102379, American Society of Testing Materials, ASTM International, USA, 2010
18. NCHRP, "Joint-Related Distress in PCC Pavement: Cause, Prevention, and Rehabilitation", Synthesis Report No.56, National Cooperative Highway Research Program, Washington, D.C., USA, 1979
19. Highway Research Program, Washington, D.C., USA, 1979
20. BUCH, N., VARMA, A. H., & PRABHU, M. L., "A Laboratory Evaluation of Alignment Tolerances for Dowel Bars and Their Effect on Joint Opening Behavior, Final Report", Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University, USA, 2007
21. DAVIDS, B.
22. HOEGH, K. & KHAZANOVICH, L. "Guidelines for Dowel Alignment in Concrete Pavements, Appendix A Review of Literature and Other Relevant Information", Prepared for National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Transportation Research Board of the National Academies Minneapolis, USA, 2009
23. "Laboratory Investigation of Misaligned Dowel Behavior", Journal of Testing and Evaluation, Vol.38, No.1, Paper ID JTE102379, American Society of Testing Materials, ASTM International, USA, 2010
24. NCHRP, "Joint-Related Distress in PCC Pavement: Cause, Prevention, and Rehabilitation", Synthesis Report No.56, National Cooperative Highway Research Program, Washington, D.C., USA, 1979.

25. SANHUEZA, C y VILLAVICENCIO, G. (2012). Influencia de la cohesión aparente generada por raíces sobre la estabilidad de un talud natural en las dunas de Reñaca. Revista de la Construcción, 11-1, 16 - 31.
26. SUAREZ DÍAZ, J. (2011). Deslizamientos. Análisis Geotécnico.
27. YODER, E. J. & WITCZAK, M. W. Principles of Pavement Design, John Wiley & Sons, USA, 1975.
28. Yang H. Huang, 'STABILITY ANALYSIS OF EARTH SLOPES'.
29. T. Williams Lambe, 'MECÁNICA DE SUELOS'.
30. Noel Simons, 'SOIL AND ROCK SLOPE ENGINEERING'.
31. INGEMET, 'ESTUDIO DE LA SEGURIDAD FÍSICA DE LOS ACANTILADOS DE LA COSTA VERDE'.
32. REGLAMENTO NACIONAL DE ESTRUCTURAS
33. Maccaferri, 'MANUAL DE DISEÑO TEÓRICO'.
34. Robert M. Koerner, 'DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS'. Geo Slope, 'USER'S GUIDE V.5'.
35. MyM Consultores, 'ESTUDIO DE SUELOS DE EDIFICIO DE 8 PISOS
36. Alejandro Muñoz P., 'INGENIERIA SISMORRESISTENTE'.