



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

AÑO 1

JULIO-2009

NUMERO 02



**I**NSTITUTO DE **I**NVESTIGACIÓN  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

# BOLETÍN ESTUDIANTIL

IIFIC - UNI 2009

[www.iific.edu.pe](http://www.iific.edu.pe)

## Editorial: ¿Por qué investigar?

¿En qué contribuye la investigación a la formación del ingeniero civil? Tal es el propósito de estas reflexiones, dirigidas a resaltar la conveniencia de alentar y apoyar la investigación a nivel de estudiantes de pre-grado y recién egresados de ingeniería civil. La pregunta es equivalente a indagar en qué medida la tarea de la investigación contribuye a la generación de *conocimientos, habilidades y actitudes* del futuro ingeniero civil, y principalmente en su *formación*.

Para enfrentar con seriedad una investigación, hay que aprender a identificar, buscar, conocer, analizar y emplear en forma crítica, los trabajos previos relativos a la materia que se investiga y análogos (sus logros y limitaciones), las teorías y métodos alternativos para el análisis y procesamiento (como herramientas matemáticas, simulaciones, simplificaciones, software) según corresponda, los diseños para experimentar y la forma de interpretar y validar los resultados. Dependiendo de la naturaleza de la indagación, el investigador adquirirá y ampliará *conocimientos* diversos en los campos de las ciencias básicas, medio ambiente y sostenibilidad, diseño, riesgos, ciencias sociales, ética. A ampliar su cultura tecnológica.

En el desarrollo de la investigación, el investigador adquiere o refuerza *habilidades* que lo preparan mejor en el futuro ejercicio de su profesión. Esas habilidades se ligan a estudiar por propia cuenta, a la aplicación de herramientas matemáticas y otras, a discutir su uso y los avances, a relacionarse con otras disciplinas, a trabajar en función de objetivos, a liderar con claridad su proyecto. A vincularse con especialistas en otras tecnologías y ver el problema que analiza como parte de problemas mayores.

Igualmente la investigación impulsa al investigador a asumir *actitudes* positivas frente a un problema o situación. La primera de ellas es a *indagar*, a averiguar el qué y el por qué, a poner entre paréntesis las supuestas verdades, a conocer las raíces o causas reales. A comprometerse a actuar con seriedad y ética, mostrándose a través su trabajo con la fortaleza que da la honestidad e integridad. A reconocer las limitaciones de su propio trabajo, tolerando opiniones distintas. A tomar con optimismo la tarea de la investigación e involucrarse en ella.

El *estilo o forma* de la investigación influye también en la preparación del ingeniero civil. En nuestro caso, alentamos la investigación ligada a la práctica en las empresas con las cuales se vincula la Universidad, enfrentando problemas que surgen en el trabajo cotidiano de éstas. Esta relación es de mayor importancia dado que la formación del futuro ingeniero en los primeros años tiene como gran ausente la vinculación Universidad – empresa (déficit que debiera superarse).

Además, y muy significativo, los aportes de la investigación en la formación del ingeniero civil, tienen incidencia directa en su formación como persona. A investigar en la vida cotidiana, para ubicarse apropiadamente en la sociedad, a comunicarse y comportarse con seriedad.

Director del Instituto de Investigación – FIC

**DR. VICTOR SANCHEZ MOYA**

**Jefe de Proyecto**

**DR. TEÓFILO VARGAS SAAVEDRA**

**Colaboradores:**

Ríos Morales, Marco

Santa María Dávila, Edward

Soto Rosado, Jonathan

**Cuerpo Editor:**

Arellano Castillo, Guillermo

Castillo, Richard Dagoberto

Liviac Calderón, Alex

Meléndez Bernardo, Walter

Navarro Hayashida, Javier

Raygada Rojas, Luis

Tengan Shimabukuro, César

Torres Rodriguez, Ronald

Vila Común, Alfredo

Villanueva de la Cruz, Miguel

---

Av. Túpac Amaru 210 El Rímac, Lima, Perú Universidad  
Nacional de Ingeniería

Apartado Postal 1301 Lima 100 – Perú

Telefax (511) 481-9845

Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 424

contacto@iific.edu.pe.

## ÍNDICE

### Editorial

Dr. Teófilo Vargas Saavedra.....2

### PAPERS

1. Propuesta de una Configuración Estructural Resistente a Movimientos Sísmicos severos para Viviendas Típicas Autoconstruidas.....4
2. Estudios de Comparación de Aditivos para Concreto.....10
3. Estudio de la Soldabilidad del Acero sumiten 780S usado en la construcción de blindajes de tuberías.....14
4. Variables que afectan el Rendimiento de Chancadoras Portátiles en Planta de Producción De Agregados.....20
5. Gestión de Desperdicios en las Edificaciones: Unidades de Albañilería.....28
6. Diagnostico al Problema de las Viviendas Autoconstruidas del Distrito del San Juan de Lurigancho – Zona Oeste.....34

### INFORMATIVOS

- A) Convenios con Empresas.....42
- B) Actividades IIFIC.....46
- C) UNI.....52
- D) Entrevista.....53

AGRADECIMIENTOS.....54

# Propuesta de una Configuración Estructural Resistente a Movimientos Sísmicos Severos para Viviendas Típicas de Autoconstrucción

Luis Fernando Sirumbal Zapata<sup>1</sup>

**Sinopsis:** Este artículo es el resultado de un trabajo de investigación que tiene como objetivo principal proponer una alternativa de vivienda auto-construida (non engineered construction) resistente a movimientos sísmicos severos. Esta propuesta se sustenta en el estudio de las características reales de un grupo de viviendas ubicadas en algunos distritos de la ciudad de Lima, tales como Villa María del Triunfo y San Juan de Lurigancho. En base a este estudio se logró determinar un modelo arquitectónico típico de este tipo de viviendas que posteriormente fue sometido a un análisis estructural sísmico. Dicho análisis evidenció ciertas deficiencias, tanto en la configuración estructural, como en la resistencia de los materiales que típicamente conforman los muros de albañilería confinada. Finalmente, considerando los resultados provenientes del análisis sísmico, se propuso algunos cambios en la configuración estructural original que, sin generar modificaciones sustanciales en la arquitectura, mejoraron significativamente el desempeño sísmico de la vivienda.

**Palabras Clave:** Autoconstrucción, Análisis Sísmico, Vulnerabilidad Sísmica, Albañilería Confinada

**Abstract:** This article is the result of a research work which main objective is to propose an alternative for non engineered construction houses resistant to strong seismic movements. This proposal is based on the study of the real characteristics of a group of houses located in some places of Lima city, such as "Villa María del Triunfo" and "San Juan de Lurigancho". This study allowed determining a typical architectural model which was subjected to a seismic structural analysis. This kind of analysis shows some deficiencies in both, the structural configuration and the strength of the materials that usually constitute confined masonry walls. Finally, considering the seismic analysis results, some changes in the original structural configuration are proposed, and, without generating essential changes in the architecture, they improve significantly the seismic performance of the house.

**Key Words:** Non Engineered Construction; Seismic Analysis; Seismic Vulnerability; Confined Masonry

## Introducción

La realidad económica de nuestros países latinoamericanos hace que un gran número de familias con limitados recursos opte por la autoconstrucción, como único medio económicamente factible para la construcción de sus viviendas. Este hecho, que parece ser común y cotidiano, se convierte en un problema nacional cuando los terremotos, debido a las deficiencias constructivas y estructurales de este tipo de edificaciones, dejan a miles de familias sin hogar, además de cobrar otras tantas vidas humanas.

Por este motivo, el presente trabajo de investigación se fundamenta en la determinación de las características estructurales y arquitectónicas más representativas de viviendas autoconstruidas de albañilería confinada, para identificar sus deficiencias esenciales en base a los resultados de un análisis estructural sísmico, y proponer modificaciones que permitan generar un prototipo de vivienda de autoconstrucción resistente a movimientos sísmicos de gran magnitud.

Para elaborar el modelo estructural representativo se realizaron salidas de campo a diferentes zonas de Lima que permitieron registrar la mayor cantidad y variedad de características externas de las edificaciones en cuestión (área de planta, altura de entrepiso, espaciamiento entre columnas de confinamiento, posición y dimensión de puertas y ventanas, etc.). Además, se visitaron cinco obras en proceso de autoconstrucción en las que se observaron otro tipo de características, tales como: distribución interna de muros, número y tamaño de varillas de acero utilizadas en vigas y columnas, dimensiones de vigas y columnas, tipo de ladrillos utilizados (macizo, tubular, industrial, artesanal, etc.), existencia o ausencia de muros que realmente funcionen como tabiques (aislados del marco de confinamiento, según el procedimiento constructivo), características de los alféizares y dinteles, densidad de muros en ambas direcciones, etc.

Por otro lado, con los ladrillos y la mano de obra del lugar, se construyeron pilas que posteriormente fueron ensayadas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, con la finalidad de determinar los parámetros resistentes de la albañilería de autoconstrucción.

Finalmente, se realizó el análisis sísmico en un programa de cómputo mediante el Método de los Elementos Finitos. Las deficiencias y modificaciones se identificaron y propusieron, respectivamente, en base a lo estipulado en la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.



<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
Email: [fsirumbal@hotmail.com](mailto:fsirumbal@hotmail.com)  
Miembro del IIFIC-UNI. Página web:  
<http://iific.blogspot.com>; <http://www.iific.edu.pe>

## Objetivo

- Proponer una configuración estructural resistente a movimientos sísmicos severos, que se base en un modelo arquitectónico típico de viviendas auto-construidas de albañilería confinada, de forma tal que pueda ser replicada por familias con escasos recursos económicos.

## Hipótesis del problema

Según la Asociación Internacional para la Ingeniería Sísmica (IAEE), la autoconstrucción se puede definir como “aquellas edificaciones construidas en varios países, de manera espontánea e informal, utilizando procedimientos tradicionales, con poca o nula intervención en el diseño de arquitectos e ingenieros calificados”.

En el Perú, la utilización de ladrillos tubulares, como material componente de los muros portantes, le da una característica especial a la autoconstrucción<sup>1</sup>. Esto se debe a que la estructura interna de estos ladrillos (orificios longitudinales paralelos a su cara de asiento) es hueca y poco masiva, lo que los hace inadecuados para resistir grandes cargas sísmicas.

Finalmente, otro elemento problemático de la autoconstrucción es la existencia de un gran número de viviendas esbeltas, las cuales se caracterizan porque, en planta, la longitud de una de sus dimensiones (frente) es considerablemente menor que la longitud de la otra dimensión (fondo)<sup>2</sup>, llegando a existir lotes que tienen solamente seis metros de ancho (frente) por veinte metros de largo (fondo). Los muros en la dirección frontal son muy cortos, poco resistentes, y brindan una insuficiente rigidez estructural en dicha dirección.

## Características fundamentales de la tipología estructural de las viviendas estudiadas

- La vivienda se encuentra ubicada en Lima, sobre un suelo perteneciente a la Zona 2<sup>3</sup>, según el Estudio de Microzonificación Sísmica<sup>4</sup> realizado por el CISMID-UNI. La Zona 2, cuyo suelo es del tipo S2, tiene un comportamiento sísmico aceptable, que es inferior al de la Zona 1, cuyo suelo es del tipo S1. (Ver Fig. 1)
- La vivienda tiene tres niveles y su perímetro se encuentra limitado por viviendas adyacentes en tres de sus cuatro lados (ubicación “entre medianeras”).
- Los muros portantes de la vivienda están conformados principalmente por ladrillos tubulares. También existen muros de ladrillos sólidos. (Ver Fig. 2)
- La vivienda es esbelta. Esto implica que, en planta, la longitud de una de sus dimensiones (frente) es considerablemente

<sup>1</sup> En la Ref. (7) realizada en distritos y zonas populares de Lima se obtiene como resultado que el 57% de las viviendas están conformadas por un sistema mixto (albañilería sólida y tubular), mientras que solamente el 43% restante por albañilería sólida, exclusivamente.

<sup>2</sup> Ref. (8)

<sup>3</sup> Según la Ref. (5) el suelo de Lima se divide en cinco zonas, de las cuales las Zonas 1 y 2 ocupan más del 70% de su extensión territorial.

<sup>4</sup> Ref. (5)

menor que la longitud de la otra dimensión (fondo). (Ver Fig. 3)

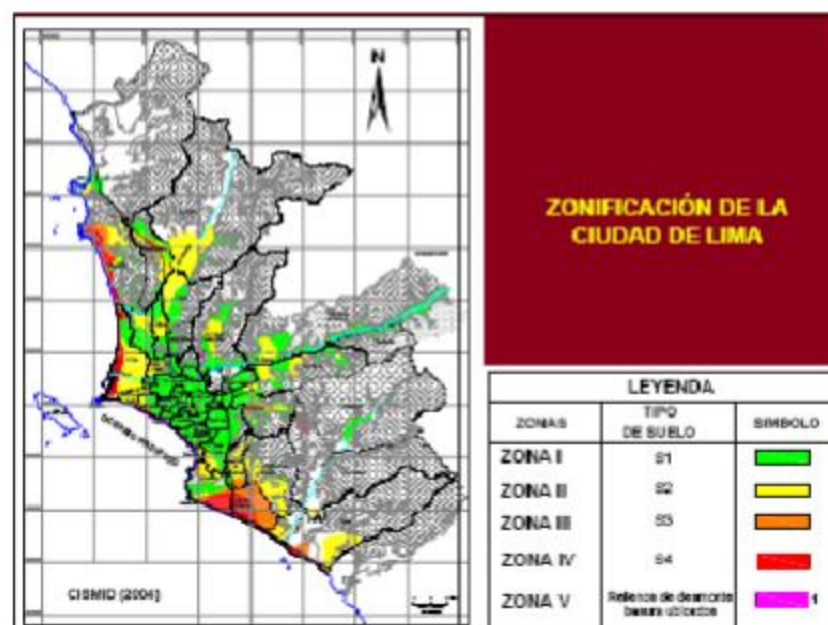


Fig. 1. Microzonificación sísmica de la ciudad de Lima<sup>5</sup>



Fig. 2. Muro de albañilería tubular



Fig. 3. Vivienda esbelta entre medianeras

## Características estructurales repetitivas de las viviendas estudiadas

- Gran cantidad de muros de corta longitud (menor a 3 m.) en la dirección transversal.
- Dos muros perimetrales de gran longitud (20 m. aprox.) en la dirección longitudinal, que generan una gran rigidez en dicha dirección.
- Muros perimetrales del primer piso hechos con ladrillos sólidos (18 huecos). Los de más muros están hechos con ladrillo tubular.
- Ausencia de muros tabiques. Todos los muros son construidos monóticamente con las columnas de

<sup>5</sup> Figura tomada de la Ref. (5)

confinamiento (muros portantes).

- De 7 a 8 ejes estructurales en la dirección transversal. De 3 a 4 en la dirección longitudinal.
- Alféizar integrado al sistema estructural.
- Losa aligerada ( $h = 20$  cm.) en dirección transversal.
- Casi todas las vigas son "soleras" o "chatas" (25 cm. x 20 cm.)
- Acero típico en vigas:  $4\phi\frac{1}{2}$ ".
- Dimensiones de columnas: 25 cm. x 25 cm. ó 20 cm. x 30 cm.
- Acero en columnas: de 4 a 6 varillas por columna.  $\phi = \frac{1}{4}$ " (primer piso) ó  $\phi = \frac{1}{2}$ " (todos los pisos).
- Estribos en columnas:  $A_v = \frac{1}{4}$ ".  
 $s = 4@10, r@20$  cm.

### Características geométricas y mecánicas de la albañilería utilizada en la construcción de las viviendas utilizadas

Tal como se mencionó en la introducción, se tomaron muestras de los ladrillos (macizos y tubulares) utilizados en la construcción de las viviendas estudiadas, y se elaboraron pilas que posteriormente fueron ensayadas a compresión en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, con la finalidad de determinar su resistencia a la compresión axial ( $f'm$ ). Es importante mencionar que estas pilas fueron elaboradas por los mismos albañiles de las obras estudiadas.



Fig. 4. Ensayo a compresión axial

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio para ambos tipos de ladrillos (sólidos y tubulares). Además, con fines comparativos, se muestran las características de un ladrillo KKI (King Kon Industrial), adecuado para la construcción de muros estructurales de albañilería<sup>6</sup>.

Resumen de los Resultados Obtenidos en Laboratorio				
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso Volumétrico (kg / m <sup>3</sup> )	Resistencia a la Compresión Axial (kg / cm <sup>2</sup> )
Tubular	23,4	10,7	1093	28,9
Sólido	23,0	12,7	1588	55,1
KKI	23,0	13,0	1800	65,0

<sup>6</sup> Ref. (1)

Como se puede apreciar, el ladrillo sólido y la calidad de la mano de obra que se utilizan en este tipo de construcciones, generan una albañilería de menor peso volumétrico y de menor resistencia que la albañilería recomendada por la Norma Técnica de Albañilería (NTE E.070). Aún así, las diferencias no son muy grandes.

Por el contrario, la utilización de ladrillos tubulares para la construcción de muros estructurales de albañilería no es recomendable, debido, principalmente, a que genera una albañilería cuya resistencia a la compresión axial no alcanza ni siquiera el 45 % del  $f'm$  recomendado por la NTE E.070.

### Distribución arquitectónica de la vivienda de autoconstrucción representativa

En base a las características comunes entre las viviendas estudiadas, se propuso una vivienda representativa de tres niveles, hecha de albañilería confinada, ubicada entre medianeras y que ocupa un terreno de 7 m. x 20 m.



Fig. 5. Vivienda de autoconstrucción representativa (1er piso)

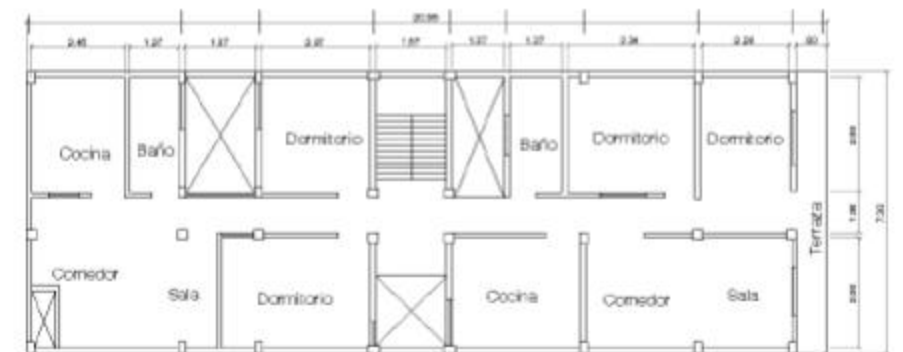


Fig. 6. Vivienda de autoconstrucción representativa (2do y 3er piso)

### Modelo estructural de la vivienda de autoconstrucción representativa

En base a la Fig. 4, Fig.5 y a la información de campo, se planteó una estructuración inicial que posteriormente fue sufriendo modificaciones, según los resultados obtenidos del análisis sísmico.

Lo más importante a tener en cuenta de esta estructuración inicial es que, en el primer nivel, solamente los muros perimetrales fueron modelados como albañilería sólida, mientras que los muros interiores, como albañilería tubular. Además, todos los muros de los niveles superiores fueron modelados como albañilería tubular.

### Análisis sísmico de una vivienda de albañilería confinada<sup>7</sup>

Para realizar el análisis sísmico se optó por el análisis dinámico modal espectral. Las formas de modo y los periodos fueron

<sup>7</sup> Ref. (1)

calculados con el método de los Vectores de Ritz. Se utilizó un modelo dinámico de nueve (9) grados de libertad (tres por cada nivel). El espectro inelástico de pseudos aceleraciones utilizado considera un nivel de amortiguamiento de la estructura de 5%<sup>8</sup>.

La albañilería confinada es un sistema estructural naturalmente rígido, compuesto por muros estructurales que presentan una falla crítica por fuerzas cortantes. En este sentido, se busca que los muros tengan un comportamiento elástico ante la fuerza cortante ocasionada por un sismo moderado (R=6), y un comportamiento inelástico ante un sismo severo (R=3). Es en esta etapa que, a medida que los muros comienzan a agrietarse, los elementos de confinamiento (vigas y columnas) toman una parte de la fuerza cortante que ya no resisten los muros, les brindan ductilidad, y no permiten la expansión de las grietas<sup>9</sup>. Por este motivo, los elementos de confinamiento son diseñados para resistir  $V_m$  (Fig. 6).

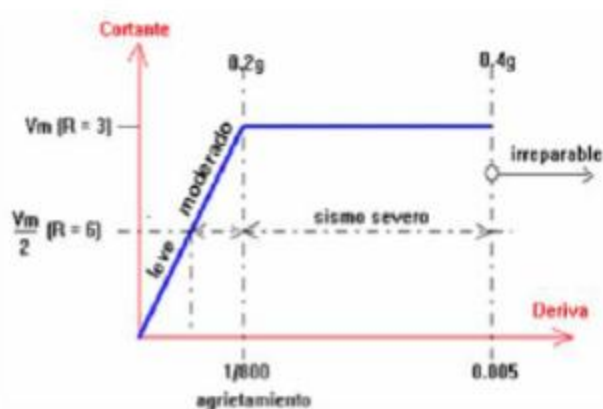


Fig. 7. Filosofía de diseño de albañilería<sup>10</sup>

Como se puede apreciar en la Fig. 6, durante un sismo moderado la distorsión resistente máxima para un muro de albañilería sólida es igual a 0,5%. Por otro lado, una de las pocas investigaciones sobre el tema<sup>11</sup> ha determinado, mediante ensayos de carga lateral cíclica, que la distorsión resistente máxima en muros de albañilería tubular es igual 0,2%.

La resistencia última al corte de los muros de albañilería confinada (también conocida como resistencia al agrietamiento) se puede calcular utilizando la Ec. (1)<sup>12</sup>:

$$V_m = 0,5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23P_g \quad \left( \frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1 \right) \quad (1)$$

Donde:

- $V_m$  : Resistencia al agrietamiento de un muro de albañilería confinada
- $v'_m$  : resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería
- $\alpha$  : factor de esbeltez de un muro de albañilería confinada
- $t$  : espesor de un muro de albañilería confinada

<sup>8</sup> Ref. (3)

<sup>9</sup> Ref. (2)

<sup>10</sup> Figura tomada de Ref. (2)

<sup>11</sup> Ref. (7)

<sup>12</sup> Ref. (1)

- $L$  : longitud de un muro de albañilería confinada
- $g$  : Fuerza axial que actúa en un muro, debido a cargas verticales correspondientes al estado de servicio
- $V_e$  : Fuerza cortante que actúa en un muro debido a cargas sísmicas laterales (sismo moderado)
- $M_e$  : Momento flector que actúa en un muro debido a cargas sísmicas laterales (sismo moderado)

Durante un Sismo Moderado ( $V_e$ ,  $M_e$ ) se debe verificar que ningún muro se fisure (Ec. (2)). Además, en todos los entrepisos la resistencia global de la edificación debe ser mayor que las fuerzas cortantes de entrepiso producidas por un Sismo Severo (Ec. (3))<sup>13</sup>.

$$V_e \leq 0,55V_m \quad (2)$$

$$\sum V_{m_i} \geq V_{E_i} \quad (3)$$

### Resultados importantes del análisis sísmico

Luego de realizar el análisis sísmico del modelo estructural, y aplicar los conceptos y formulaciones del acápite anterior, se encontraron las siguientes deficiencias:

- Distorsiones angulares mayores al 0,2% en la dirección X (frente).
- Grandes excentricidades (de 2 a 3 m.) en la dirección Y (fondo) debido a la gran rigidez del muro posterior, en comparación con la del muro de la fachada (frente). Se generan fuerzas cortantes adicionales por momentos de torsión.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los muros en la dirección X. Estos muros han sido numerados de adelante hacia atrás, desde X2 (fachada) hasta X12 (muro posterior). Los muros que figuran en color rojo (muros tubulares y/o muros de fachada con vanos de puertas y ventanas) son los que no son capaces de cumplir con los requerimientos estipulados en la Ref. (1).

Análisis Sísmico de los Muros en X							
Muro	L (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton-m)	$\alpha$	Vm (ton)	0,55 Vm (ton)
X2	1,65	23,48	9,44	24,36	0,639	10,37	5,70
X4	3,30	26,76	13,46	38,76	1,000	21,70	11,93
X5	2,06	12,05	3,50	17,71	0,407	5,19	2,85
X6	2,00	19,79	3,39	9,07	0,748	8,86	4,87
X7	3,29	14,74	5,64	18,81	0,986	12,74	7,01
X8	2,58	17,49	3,85	11,50	0,864	10,44	5,74
X9	3,29	14,75	4,91	16,48	0,980	12,68	6,98

<sup>13</sup> Ref. (1)

X10	3,36	13,96	3,40	12,99	0,879	11,72	6,45
X11	2,13	14,42	2,01	11,50	0,372	5,60	3,08
X12	7,45	33,99	13,84	21,58	1,000	42,90	23,60
TOTAL			<b>63,44</b>			<b>142,21</b>	

### Modelo estructural modificado de vivienda de autoconstrucción

Las modificaciones más importantes se hicieron en el primer nivel, debido a que es allí donde se presentan las fuerzas cortantes y los momentos sísmicos de mayor magnitud. Estas fueron:

- Se elimina el muro X2 y sus columnas en los tres niveles. Fue reemplazado por dos placas de concreto armado, P1 y P2, cuyas longitudes fueron 0.70 m. y 0.95 m., respectivamente.
- Los muros centrales X4, X7 y X9, originalmente de albañilería tubular, se cambiaron, en el 1er nivel únicamente, por muros de albañilería sólida con amarre "de cabeza" ( $t = 0.23$  m.). Estos muros, por su posición y su longitud ( $L = 3.30$  m.), son el eje resistente de la edificación en X.

El segundo y el tercer nivel prácticamente no fueron modificados, permaneciendo todos sus muros (excepto los muros de la fachada) con albañilería tubular.

De esta manera, con una densidad de muros<sup>14</sup> en el primer nivel igual a 0.0383, en el modelo modificado se logra que las distorsiones angulares no superen el 0.2%, y que la excentricidad en Y se reduzca en 2 m.

De esta manera, el siguiente cuadro muestra que las Ec. (2) y Ec. (3) se cumplen en todos los muros, tanto en los tubulares (negro) como en los sólidos (verde). El muro X5 (tubular) es el más frágil.

Análisis Sísmico de los Muros en X (1er Piso)							
Muro	L (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (ton-m)	$\alpha$	Vm (ton)	$\frac{0,55}{Vm}$ (ton)
P1	0,7	10,77	2,37	4,42	---	5,89	3,24
P2	0,95	12,51	3,97	7,11	---	7,99	4,40
X4	3,3	27,75	14,88	45,60	1,000	34,53	18,99
X5	2,06	11,82	2,15	15,56	0,333	4,70	2,58
X6	2	19,59	2,22	6,31	0,704	8,56	4,71
X7	3,29	18,3	11,87	34,31	1,000	32,27	17,75
X8	2,58	17,31	2,47	8,16	0,782	9,79	5,39

<sup>14</sup> Ref. (1)

X9	3,29	18,37	10,13	29,76	1,000	32,28	17,76
X10	3,36	13,81	2,17	10,35	0,704	9,99	5,50
X11	2,13	14,39	1,28	9,82	0,333	5,36	2,95
X12	7,45	34,12	10,53	50,59	1,000	42,93	23,61
TOTAL			<b>64,05</b>			<b>194,30</b>	

Finalmente, luego de verificar el correcto comportamiento de la estructura modificada, en la Fig. 7 se muestra el prototipo estructural propuesto, correspondiente a una vivienda de autoconstrucción resistente a movimientos sísmicos severos.

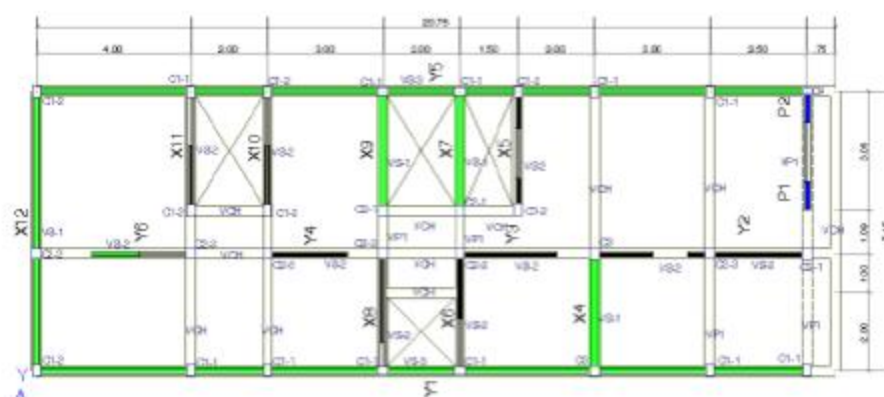


Fig. 8. Configuración estructural de la vivienda de autoconstrucción resistente a movimientos sísmicos severos

Como se puede apreciar en la Fig. 7, el eje resistente de la estructura en la dirección X está conformado por los muros X4, X7 y X9, en la parte central; por las placas P1 y P2, en la fachada; y por el muro X12 en la parte posterior.

En los niveles superiores la estructuración es similar. La única diferencia radica en que todos los muros (excepto los de la fachada) son tubulares. Esto se debe a que en estos niveles las fuerzas inerciales muy bajas, y por lo tanto, este tipo de material, a pesar de tener un comportamiento sísmico inadecuado, cumple con los requisitos establecidos en la Ec. (2) y la Ec. (3).

### Conclusiones y recomendaciones

- El gran reto de las viviendas de autoconstrucción, que responden a las características del modelo arquitectónico estudiado en este trabajo, consiste en superar los problemas estructurales generados, tanto por la construcción de muros de albañilería tubular en el primer piso, como por la insuficiente resistencia y la insuficiente rigidez que proveen los muros internos de corta longitud.
- Los muros de la fachada son los más críticos, tanto por su posición (alejada del centro de rigidez) como por su escasa resistencia (vanos de puertas y ventanas).
- La variación de rigidez entre los muros de la fachada y el muro posterior (gran rigidez) genera grandes excentricidades en Y, que se traducen en momentos de torsión, los cuales a su vez generan fuerzas cortantes adicionales que actúan, principalmente, en los débiles muros de la fachada. Para solucionar este problema se pueden reemplazar los muros de albañilería por pequeñas placas de concreto.



- La densidad promedio de muros<sup>15</sup> (tubulares, sólidos y de concreto) que asegura un buen comportamiento estructural en el primer nivel es 0.0383.
- Si se logra reforzar adecuadamente los muros estratégicos en X del primer nivel, los muros de los niveles superiores pueden permanecer constituidos por albañilería tubular.
- Para esta tipología estructural, los muros estratégicos deben estar en amarre tipo "cabeza".
- A pesar de que los resultados del análisis sísmico del modelo modificado demuestran que es posible mantener algunos muros de albañilería tubular en el primer piso, se recomienda que todos los muros este nivel sean de albañilería sólida. Esto se debe a que este tipo de muros garantizan un mejor comportamiento sísmico y una mayor seguridad.
- Los muros tubulares fallan de manera frágil en un proceso de trituración (no se agrietan). Por este motivo, estos muros deberían reservarse exclusivamente para los niveles superiores, debido a que en estos niveles las probabilidades de que incursionen en un comportamiento inelástico (etapa de falla) disminuyen.
- Los ensayos de laboratorio son muy importantes para determinar el comportamiento estructural de un material poco investigado como el ladrillo tubular. En este sentido, es recomendable la realización de ensayos de muros de albañilería tubular a escala natural, sujetos a cargas cíclicas laterales. Esto verificaría si las fórmulas dadas en la NTE E.070 (Ref. 1) también son válidas para este tipo de albañilería.

10. SIRUMBAL L., "Propuesta de Vivienda de Autoconstrucción Resistente a Movimientos Sísmicos" (2008). V Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Civil, Loja, Ecuador.

Lima, Julio 2009

## Referencias

1. SENCICO, "Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.070 Albañilería" (2006). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento", Perú.
2. SAN BARTOLOMÉ, A., "Comentarios a la Norma E.070 ALBAÑILERÍA" (2006). SENCICO.
3. SENCICO, "Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente" (2003). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento", Perú.
4. WILSON, E., "Three Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures" (2001). Computers and Structures, Inc. Berkeley.
5. AGUILAR, Z. y ALVA, J., "Microzonificación Sísmica de Lima" (2007). Conferencia Internacional en Ingeniería Sísmica, CISMID - FIC - UNI, Lima, Perú.
6. BLONDET, M., "Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería" (2005). Pontificia Universidad católica del Perú – SENCICO
7. SALINAS, R. y LÁZARES, F., "Comportamiento Sismorresistente de Unidades de Albañilería Tubular de Arcilla Cocida para su Uso en Muros Portantes de Edificaciones de Baja Altura" (2007). XVI Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Arequipa, Perú.
8. FLORES, R., "Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las Autoconstrucciones en Lima" (2002). Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Perú.
9. SIRUMBAL, L., "Propuesta de Metodología de Investigación para la Determinación de Prototipos de Viviendas Autoconstruidas Resistentes a Eventos Sísmicos de Gran Magnitud" (2008). XVI Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil, Tarapoto, Perú.

<sup>15</sup> Densidad =  $\sum L_t / A_p$  según la Ref. (1)

# Estudios de Comparación de Aditivos para Concreto

César Alberto Tengan Shimabukuro<sup>1</sup>

**Resumen:** La comparación entre las características obtenidas sobre el concreto, tales como el tiempo de fragua y el contenido de aire atrapado, debido a diferentes aditivos se encuentra presente en varias investigaciones que buscan aplicar los aditivos para lograr alguna característica en especial sobre el concreto, como las mencionadas anteriormente. Sin embargo, ninguna investigación se preocupa de ver esta comparación desde un punto de vista neutral, donde lo importante no sólo radica en el aditivo de mejor performance, si no que analiza las propiedades logradas con dichos aditivos y toma en cuenta los valores como el precio y los requerimientos de las obras.

**Palabras Clave:** Aditivos, Desempeño de Aditivos, Calidad, Comparación de Aditivos.

**Abstract:** The comparison between the characteristics obtained on concrete, such as the setting time or the air content, due to various admixtures were found in several investigations which objectives are to apply the admixtures to achieve some characteristics previously mentioned on concrete. Nevertheless, none of these investigations are concerned about doing a comparison from a neutral point of view, in which the objective is not only the better performance of the admixture; but the properties, the price and the construction's requirements.

**Key Words:** Admixtures; Admixtures' performance; Quality; Comparison between admixtures.

## Introducción

El mercado del sector construcción presenta una infinidad de marcas y firmas diferentes, las cuales nos garantizan proveernos de materiales y servicios de calidad. Cada marca diferente produce sus productos utilizando técnicas, procesos y tecnología que difiere de las demás firmas. Analizando el tema desde este punto de vista, deducimos inmediatamente de que los productos finales son muy semejantes entre sí, pero tienen características propias que los diferencian unos de otros.

Viéndolo de esta manera, es posible aplicar distintos métodos para seleccionar el aditivo adecuado: ya sea evaluando los resultados que se obtienen al utilizarlo y optar por el de mejor desempeño, o bien se puede definir un nivel de desempeño y optar por aquel que nos ayude en el ahorro para poder invertir en otras áreas.

En la búsqueda del precio más cómodo, podemos caer en error al elegir lo más barato del mercado pensando que estamos generando ahorro. La elección del producto más económico es aquel que asegure una buena calidad en su comportamiento en campo. Esto no es sólo aplicado en los aditivos, también podemos analizar las posibilidades de encofrados, cementos, maquinarias, etc. siempre y cuando sea posible optar por distintas marcas en el mercado y tengamos noción de la calidad

de productos que vienen ofreciendo.

## Aditivos para Concreto

Toda sustancia añadida a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar algunas de sus propiedades<sup>(1)</sup> es calificada como aditivo. Son productos capaces de disolverse en agua, los cuales son adicionados durante el mezclado en porcentajes menores al 5% de la masa del cemento para, como se mencionó anteriormente, lograr una alteración en sus propiedades, ya sea en estado fresco o estado endurecido.

Actualmente los aditivos permiten la producción de concretos con características muy diferentes a los tradicionales, logrando así un gran impulso a la construcción y su identificación como un ingrediente más entre los ya conocidos cemento, agua y agregados.

Dentro de las características del concreto que pueden ser modificadas por los aditivos encontramos:

- Concreto Fresco:
  - Asentamiento: relacionado directamente con la trabajabilidad del concreto fresco.
  - Fluidez: capacidad del concreto de compactarse como un líquido.
  - Exudación: tipo de segregación en la que el agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto fresco.
  - Tiempo de fragua inicial: tiempo para el cual la mezcla ha perdido cierta plasticidad.

<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
E-mail: [ce.tengan@gmail.com](mailto:ce.tengan@gmail.com)  
Miembro del IIFIC-UNI.  
Miembro del Convenio UNI-GyM  
Página web: <http://iific.blogspot.com>;  
<http://www.iific.edu.pe>.



- Calor de hidratación: temperatura desarrollada luego de ser vaciado.
- Aire incorporado: cantidad de aire atrapado.
- Concreto Endurecido:
  - Resistencia a la compresión: resistencia ganada a la compresión.
  - Resistencia a la tracción por compresión diametral: resistencia del concreto simple por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
  - Resistencia a la flexión: resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas.

### Antecedentes de los Aditivos para Concreto

Tanto las normas norteamericanas del ASTM como las normas peruanas normalizan a los aditivos de acuerdo a su efecto sobre el concreto (el encargado de la adaptación e incorporación de las normas del ASTM al Perú es INDECOPI). A diferencia de éstos, en la Comunidad Europea de Normas (CEN), los aditivos químicos son normalizados de acuerdo a su aplicación, ya sea a pastas de cemento, morteros, concreto o concreto proyectado.

El ingreso de los aditivos químicos al mercado de la construcción se realizó de manera lenta pero progresiva durante la década de los cincuenta. Esto se debió a la actitud conservadora de muchos organismos de los EE.UU., los cuales consideraban a los aditivos como algo misterioso.

Sin embargo, la introducción rápida a los aditivos en el mercado de la construcción se fijó en la mira de los investigadores, dando lugar a los primeros eventos técnicos a partir de los años sesenta.

En el año 1962 se dieron las primeras normas del ASTM para los siguientes tipos de aditivos: (2)

- Tipo A: Reductores de Agua
- Tipo B: Retardadores de Fragua
- Tipo C: Aceleradores de Fraguado y Resistencia temprana.
- Tipo D: Reductores de Agua y Retardantes
- Tipo E: Reductores de Agua y Aceleradores

Los aditivos químicos se introdujeron al Perú a finales de los años cincuenta. Mientras que la primera norma nacional de aditivos corresponde al año 1981, la cual está basada en la norma ASTM de 1969, incluyendo los 5 tipos mencionados anteriormente.

Actualmente, los aditivos son parte esencial de la tecnología del concreto. Tanto los plastificantes y los superplastificantes son los productos más numerosos y ampliamente usados. Éstos aditivos pueden ser clasificados por su composición según las siguientes categorías: (3)

Lignosulfonatos: Clasificados en la primera generación de aditivos plastificantes. Son probablemente los más utilizados dentro de la tecnología simple de aditivos. Logran producir reducciones de hasta 10% de agua. Tienden a generar retrasos en el tiempo de fraguado del concreto debido a la presencia de sustancias reductoras.

Naftalénsulfonatos: Considerados dentro de la segunda generación de plastificantes, logran una reducción de agua de

hasta un 25%. Tienden a generar espumas, lo cual se puede convertir en incorporación de aire al concreto.

Melamina-sulfonado policondensados: También considerados dentro de la segunda generación de aditivos, se basan en polímeros sintéticos, la reducción del agua es muy parecida a la del naftaleno, pero el efecto sobre la resistencia temprana ganada es más significativa.

Copolímeros Vinílicos: Aditivos plastificantes de tercera generación. Proporcionan un efecto plastificante mayor, logrando una reducción de agua de hasta un 30%, dando al concreto mayor resistencia mecánica. Es aplicado en la preparación de concreto autocompactante.

Policarboxilatos: Parte de la última generación de superplastificantes. Logran alcanzar una reducción de agua de hasta un 40%, incluyendo una manejabilidad controlada y el desarrollo de resistencia temprana.

### Antecedentes de Comparaciones

Ing. Fernando H. Huayco S.: Diseño del Concreto Fast Track en Pavimentos. (Tesis FIC – UNI)

El concreto Fast Track es un concreto de alta resistencia inicial que se aplica principalmente en pavimentos, especialmente en zonas urbanas y comerciales para reparaciones de tramos significativos, de manera de no impedir el tránsito más de 24 horas. También es empleado en la pavimentación de carreteras donde existe similar requerimiento y en aeropuertos.

Para el caso de Perú, el concreto Fast Track ha sido difundido por ASOCEM en conferencias y publicaciones desde 1993. A pesar de que las primeras aplicaciones en los EE. UU. se dieron a fines de la década de 1980. Sin embargo, el concreto Fast Track no es muy utilizado en nuestro país.

Éste concreto se caracteriza principalmente por la aplicación de dos tipos de aditivos: los aceleradores de resistencia y los plastificantes reductores de agua.

En esta investigación se utilizó cementos normales Tipo I de marca Sol de Cementos Lima S.A., y aditivos reductores de agua y aceleradores de resistencia.

### Aditivos Usados:

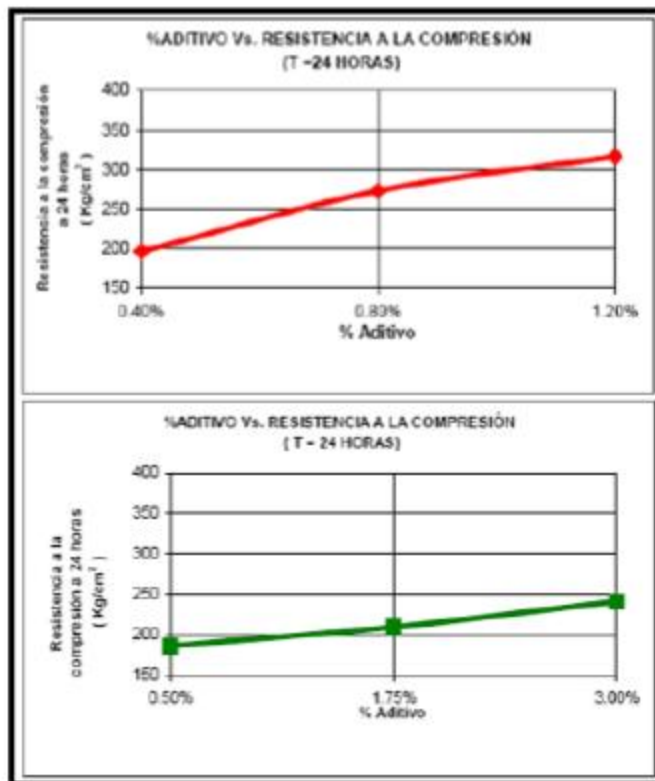
Se utilizaron aditivos reductores de agua y aditivos aceleradores de resistencia, libres de cloruros.

1. Aditivo Súper-plastificante (en las gráficas de color Rojo): Aditivo líquido súper-plastificante de tercera generación para concretos y morteros. Viscoso y de coloración marrón.

2. Aditivo Acelerante (en las gráficas de color Verde): Es un aditivo líquido, acelerante de resistencias iniciales exentos de cloruros para concretos y morteros. Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales aumentando las resistencias finales

## Ensayos Realizados

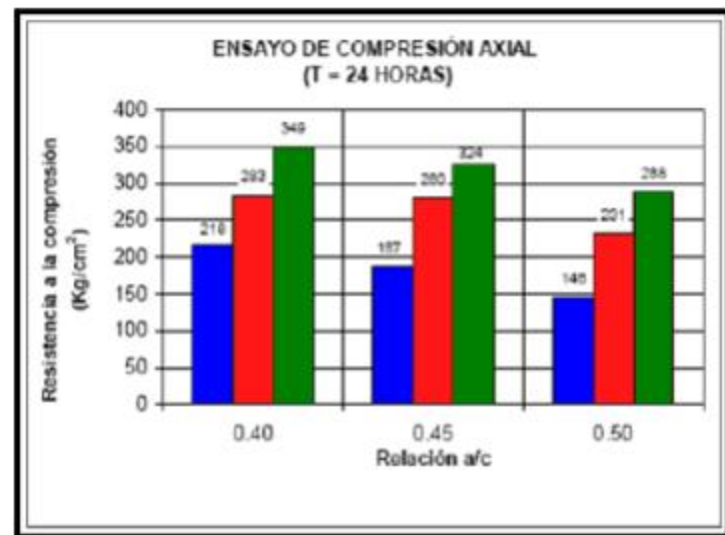
Para hallar la dosificación de los aditivos se hizo unos diseños previos, empleando la relación de agua / cemento de 0.45.



**Fig 1. Comparación de aditivos % Aditivo Vs. Resistencia a la Compresión. Línea Roja = Primer Aditivo (Súper-plastificante); Línea Verde = Segundo Aditivo (Acelerante)**

Al concreto patrón se le añadió el primer aditivo (Rojo) en dosis de 0.40%, 0.80% y 1.20% (dosis respecto del peso de cemento). Se ensayó a la compresión a las 24 horas y se tuvo que la dosificación de 1.20% era la de mejor resultado como se puede apreciar en el dibujo, con un resultado de 317 Kg/cm<sup>2</sup>. Análogamente se realizó el ensayo con el segundo aditivo (Verde) con dosificaciones de 0.50%, 1.75% y 3% (dosis respecto al cemento). La mejor dosificación obtenida fue de 3% con un valor de 241 Kg/cm<sup>2</sup>.

Con respecto a la resistencia a la compresión axial a las 24 horas se ensayó primero el concreto patrón con la dosis óptima del primer aditivo (Rojo) de 1.20%, lo cual nos entregó un resultado de 283, 280 y 231 Kg/cm<sup>2</sup> para las relaciones agua / cemento de 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente. Con respecto al concreto con el segundo aditivo (Verde) se obtuvieron los valores de 349, 324 y 288 Kg/cm<sup>2</sup> para las mismas relaciones respectivamente usadas en el ensayo anterior con la mejor dosificación (3%).



**Fig 2. Comparación de resistencias a la compresión axial. Barra Azul = Concreto Patrón; Barra Roja = Primer Aditivo (Súper-plastificante); Barra Verde = Segundo Aditivo (Acelerante).**

Se realizaron también ensayos a flexión y tracción diametral, los cuales son requeridos debido a que se trata de concreto para pavimentos.

*Bach. Patricia A. Vilca Aranda: Obtención de concreto de Alta Resistencia. (Tesis FIC – UNI) Diciembre 2008*

El propósito de esta tesis fue la de desarrollar una tecnología apropiada para obtener concretos de altas resistencia, utilizando aditivos superplastificantes y adiciones de microsílíce.

Luego, efectuar un diseño patrón con la mejor proporción de agregados, para después diseñar el concreto con aditivo tomando como base el concreto patrón y finalmente diseñar el concreto con aditivo mas microsílíce adoptando como referencia los diseños anteriores.

Uno de los resultados de la investigación, fue obtener concretos de resistencias a la compresión de 1400 Kg/cm<sup>2</sup> a los 180 días.

Dentro de los materiales utilizados para la preparación de este concreto encontramos el agregado fino, de la cantera "Trapiche"; agregado grueso, de la cantera Jicamarca de Unicon; Cemento Portland Tipo I, de Cementos Lima, aditivo súper-plastificante de una empresa conocida del medio.

Para este caso no hubo una comparación en sí sobre diferentes aditivos, si no que se ensayaron simplemente varias dosificaciones tanto de aditivo superplastificante y microsílíce.

### Justificación

Observamos que en las investigaciones pasadas el objetivo principal era el conocimiento de las características alteradas por ciertos aditivos para ser aplicados luego en algún campo específico.

Pero como se mencionó en un principio, los aditivos de diferentes marcas deben tener una diferencia ya sea en los insumos, en los procesos de fabricación, en la tecnología de la producción o incluso esta diferencia se puede encontrar en las cantidades o relaciones de cantidad que hay entre los materiales participantes.

Por ello se plantea un estudio de aditivos similares de diferentes marcas para poder conocer sus ventajas y desventajas que posee cada una con respecto a las demás; logrando tener así un concepto claro para el ahorro, el cual no sólo debe basar en el precio, sino que también en los conceptos de calidad, rendimientos y otros factores relevantes que toma en cuenta toda empresa constructora de gran envergadura al momento de elegir un producto sobre otro.

Al conocer más acerca de los aditivos de las distintas marcas del mercado, podemos llegar a una decisión acerca de la compra de éstos con un panorama más amplio, no basándonos simplemente en el precio, sino también su rendimiento y performance.

#### **Referencias Bibliográficas**

- (1) "Reglamento Nacional de Edificaciones" MVCS – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- (2) (2) "Aditivos Del Concreto - Conferencia Inicial Del Seminario Aditivos Y Adiciones en el Concreto". ASOCEM – Asociación De Productores De Concreto. Lima, julio del 2003
- (3) (3) "Aditivos: Definición y Clasificación". ANFAH – Asociación Nacional De Fabricantes De Aditivos Para Hormigón Y Mortero. Madrid
- (4) (4) ASTM G-57-06. "Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method" 2006.

**Lima, Julio 2009**

# Estudio de la Soldabilidad del Acero Sumiten 780s usado en la Construcción de Blindajes de Tuberías Forzadas

Richard Dagoberto Castillo Sánchez<sup>1</sup>

**Resumen:** El presente trabajo intenta determinar cuáles son los principales problemas de soldabilidad del acero SUMITEN 780S con el uso del electrodo tipo E11018G-H4, para lo cual se realizaron ensayos destructivos y no destructivos para determinar la continuidad metálica de la unión soldada, utilizando los parámetros que serán usados en el proceso de soldadura circunferencial en campo. Los resultados de los ensayos se resumen como sigue: 1) El principal problema de soldabilidad del acero SUMITEN 780S en la Fisuración Inducida por Hidrógeno. 2) Temperaturas de precalentamiento de 110-150°C son suficientes para evitar la Fisuración Inducida por Hidrógeno y conservar las propiedades mecánicas de la unión soldada. 3) Los últimos cordones de soldadura son los que presentan el más alto riesgo de formación de estructuras frágiles.

**Palabras clave:** Fisuración Inducida por Hidrógeno, Fragilización, Soldabilidad.

**Abstract:** The present research try to determinate which are the main weldability problems of the SUMITEN 780S steel, using electrodes type E11018G-H4, for it were carried out destructive and non destructive testing to determinate the metallic continuity of the welding joint, using the parameters to be used in the field circunferencial welding process. Test results obtained are summarized as follows : 1) The main weldability problem of the SUMITEN 78S steel is the Hydrogen Induced Cracking. 2) A preheating temperature around 150-200°C is required to avoid Hydrogen Induced Cracking and maintain the mechanical properties of the welded joint. 3) Last welding beads are those with the highest risk to form fragile structures.

**Key words:** Hydrogen Induced Cracking; Embrittlement; Weldability.

## Introducción

En los últimos años, la demanda creciente por energía eléctrica en el Perú ha generado el desarrollo de proyectos para la construcción de Centrales Hidroeléctricas con el objetivo de cumplir con la demanda del mercado, trayendo consigo la construcción de Centrales cada vez mas grandes. Como una alternativa, se plantea el uso del acero de alta resistencia SUMITEN 780S, con limites de tracción de 930 Mpa, para ser usadas en la construcción de Tuberías Forzadas Penstock. Estos aceros estan siendo desarrollados afin de reducir costos, tiempos de fabricacion y manipuleo, asi como al disminuir los tiempos de soldadura debido al uso de menores espesores en la fabricacion de Tuberías Forzadas. Las conexiones circunferenciales de las Tuberías Forzadas Penstock, son usualmente soldadas dentro de un túnel vertical o inclinado, el cual es relativamente estrecho, de difícil acceso y con una atmosfera de trabajo con alta humedad relativa. Bajo estas condiciones crece el riesgo de aparición de problemas de soldabilidad, y en especial aquellas relacionadas a la Fisuración en Frío.

El riesgo de fisuración en Frío ocurre cuando existe conjuntamente, presencia de hidrogeno, microestructura susceptible, tensiones y temperatura cercana al ambiente<sup>2</sup>, los cuales son encontrados en todos los procesos de soldadura. Una manera efectiva de evitar la Fisuración en Frío es a través del precalentamiento de la junta a soldar. Esto disminuye la velocidad de enfriamiento de la soldadura y reduce la probabilidad de formación de microestructuras peligrosas en la ZAC y metal de aporte<sup>3</sup>.

En este paper, se intenta definir los principales problemas de Soldabilidad Metalúrgica que se pueden presentar en la soldadura del acero SUMITEN 780S, y las medidas más efectivas para evitar estas. Para ello se llevaran a cabo probetas con los parámetros de soldadura a usar en campo, y de esta manera determinar la calidad de unión de la junta.

## Fundamento Teórico

**Soldabilidad:** Es definido como la capacidad de un material para ser soldado bajo un procedimiento determinado y para una aplicación específica, cuando mediante una técnica adecuada se pueda conseguir la continuidad metálica de la unión, de tal manera que esta cumpla con las exigencias prescritas con respecto a sus propiedades locales y a su influencia en la construcción de la cual



<sup>1</sup> Egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
Miembro del Convenio UNI-GyM  
E-mail: [richardunifim2006@yahoo.es](mailto:richardunifim2006@yahoo.es)

forma parte integrante (*Definición extraída de la Norma ISO 581/80 al termino soldabilidad*).

Por lo tanto, vemos pues, que hablar de soldabilidad ya no resulta tan sencillo como parecía. Un acero puede ser soldable con un proceso pero con otro no, puede ser soldable para una aplicación pero para otra no, o puede incluso brindar continuidad metálica pero no ser soldable.

La soldabilidad, entonces, suele ser considerada bajo los siguientes puntos de vista<sup>4</sup>:

- a. **Soldabilidad operativa:** Se refiere a la operación de soldeo en sí y estudia las dificultades de su realización, bien sea por fusión o por otros procesos. Es la posibilidad operatoria de unir los metales con el fin de obtener continuidad metálica en la unión.  
Ejemplo: Soldar el metal A empleando el proceso TIG (GTAW). Si no logramos unirlo, entonces decimos que el metal no es soldable operativamente.
- b. **Soldabilidad metalúrgica:** Se ocupa de las modificaciones microestructurales que resultan de la operación de soldeo. Supone obtener las características mecánicas deseadas en la unión.

Ejemplo: Se logra soldar el metal A empleando el proceso TIG pero sus propiedades mecánicas son inferiores a las que se le exige; entonces hablamos de problemas de soldabilidad metalúrgica.

- c. **Soldabilidad constructiva o global:** Trata de definir y estudiar las propiedades y condiciones que debe reunir la soldadura para poder entrar en servicio en una construcción determinada. Define las propiedades de conjunto de la construcción, por la sensibilidad de la unión a la deformación y a la rotura bajo el efecto de tensiones.  
Ejemplo: Se suelda el metal A mediante el proceso TIG, consiguiendo una buena soldabilidad operativa y una buena soldabilidad metalúrgica; pero ahora resulta que el procedimiento, al ser aplicado en la construcción de una determinada estructura, provoca serias deformaciones o la aparición de tensiones residuales que ponen en riesgo la integridad de todo el conjunto de la construcción. Nos encontramos, pues, ante un problema de soldabilidad constructiva.

## SOLDABILIDAD DEL ACERO SUMITEN 780S

Este tipo de acero pertenece a la familia de los aceros templados y revenidos. Estos aceros débilmente aleados son suministrados tratados térmicamente, con rangos de límite elástico de 350 a 1050 MPa dependiendo de la composición química, espesor y tratamiento térmico. El tratamiento térmico consiste de una austenización, templado y revenido. Estos tratamientos les dan una resistencia a la tracción y un límite elástico superiores a aceros suaves y además, lo que es más importante, buena resiliencia (tenacidad) por debajo de los 0 °C.

<sup>2</sup> C. Foscas. Introducción a la Metalurgia de la Soldadura. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002

La resistencia a la penetración de este tipo de materiales se deriva de una microestructura de martensita revenida o una combinación de martensita revenida y bainita que pueden ofrecer alta resistencia al impacto y altos valores de dureza. La microestructura de estos materiales se altera significativamente por la acción del calor localizado de los procesos de soldadura al arco, presentándose una fuerte alteración (modificación) de la dureza en la zona afectada por el calor y cuya extensión está en función del proceso de soldadura usado.

Uno de los principales problemas de soldabilidad que puede experimentarse durante la soldadura de estos materiales se debe a la susceptibilidad de la martensita a la fragilización por hidrógeno, el cual puede provenir de la presencia de humedad en los consumibles, que puede conducir a la nucleación y crecimiento de grietas debajo del cordón cuando se generan esfuerzos asociados con el calentamiento localizado de la soldadura, fenómeno conocido como Agrietamiento Inducido por Hidrógeno<sup>5</sup>.

**Fisuración en frío:** Este tipo de fisuración se produce cuando el metal soldado se encuentra en proceso de enfriamiento o cuando, posteriormente, el metal ya está Frío. A diferencia de la Fisuración en Caliente, la Fisuración en Frío se produce a temperaturas generalmente por debajo de los 300 °C<sup>6</sup>.

No hay una sola causa que explique este tipo de fisuración; más bien, son muchos los factores que intervienen en ella. Dentro de Fisuración en Frío se puede distinguir una serie de tipos de fisuración, de acuerdo a los diferentes mecanismos que inducen fragilización y posterior agrietamiento de la unión soldada.

Las causas más importantes de la Fisuración en Frío en las uniones soldadas de los aceros al carbono y baja aleación son<sup>6</sup>:

- Fragilización de la ZAC.
- Formación de tensiones residuales en el cordón de soldadura.
- Fragilización Inducida por hidrógeno.
- Fragilización por envejecimiento.

En esta investigación, nos vamos a centrar en la Fisuración Inducida por Hidrógeno, debido a que es la causa de Fisuración en Frío más peligrosa y de mayor influencia en el acero SUMITEN 780S.

### Fisuración Inducida por Hidrógeno:

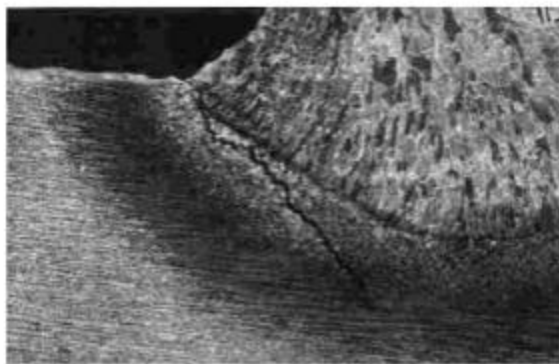
Las Fisuras en Frío son defectos que se forman como resultado de la contaminación por hidrógeno de la microestructura en la unión soldada. Mientras que la Fisuración por Solidificación y la Fisuración de la ZAC ocurren durante o inmediatamente después del proceso de soldadura, la Fisuración Inducida por Hidrógeno es usualmente un fenómeno retardado, pudiendo ocurrir posiblemente semanas o incluso meses después de la operación de soldadura. La temperatura a la que puede ocurrir este defecto está en el rango de -50 a 150 °C.

<sup>3</sup> Ing. Eduardo Asta, Criterios técnicos básicos para una adecuada soldadura de aceros estructurales, ESAB-CONARCO

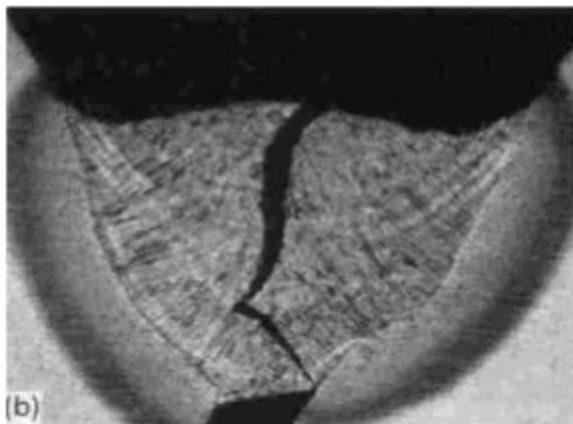
<sup>4</sup> C. Foscas. Introducción a la Metalurgia de la Soldadura. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002, pp 127.

La fractura es intergranular o transgranular. Como con otras formas de fisuración, la Fisuración Inducida por Hidrógeno involucra una microestructura necesaria y un nivel mínimo de esfuerzos. Esto también envuelve un nivel crítico de hidrógeno que es dependiente de la microestructura y aleación del acero.

Si bien, la exclusión del hidrógeno de las estructuras es extremadamente difícil, debido a que la fuente primaria de hidrógeno en el metal de soldadura proviene de la disociación del vapor de agua dentro del arco de soldadura. Así mismo todos los componentes orgánicos contienen hidrógeno en su estructura molecular, y todos pueden ser disociados en el intenso ambiente térmico proveniente de la fuente de calor, desde lubricantes en áreas de montaje hasta aceites impregnados en las manos de los soldadores.



Fotografía 01. Fisuras en la ZAC Inducidas por Hidrógeno.



Fotografía 02. Fisuras en el Cordón de Soldadura Inducidas por Hidrógeno

El mecanismo de formación de fisuras inducidas por Hidrógeno está siendo aun investigado. Actualmente, el modelo ampliamente más aceptado involucra la presencia de defectos preexistentes en el material, fisuras pequeñas o discontinuidades causadas por inclusiones. Con la aplicación de esfuerzos, estas áreas pueden desarrollar áreas de altas concentraciones de esfuerzos a la tracción biaxiales o triaxiales. El hidrógeno se difunde preferentemente en estas áreas con dilatada microestructura. Como la concentración local de hidrógeno aumenta, la energía y fuerza de cohesión de la microestructura disminuye. Cuando estas fuerzas de cohesión son superadas por los altos niveles de estrés concentrados en estas zonas, la fractura ocurre espontáneamente<sup>7</sup>.

Un útil concepto para el entendimiento de la susceptibilidad de los aceros al carbono y aleados a la Fisuración Inducida por

<sup>6</sup> C. Foscas. Introducción a la Metalurgia de la Soldadura. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002, pp 204

<sup>7</sup> American Society of Material, Welding, Brazing and Soldering, Vol. 6, 1993, ASM Handbook.

Hidrógeno es el Carbono Equivalente (CE), una relación empírica que apunta a reducir el número de variables significativas que afectan la soldabilidad de los aceros dentro de una simple cantidad. Numerosas relaciones de CE han sido desarrolladas para diferentes clases de aceros. Ejemplo de estas son:

$$CE = C + \frac{(Mn + Si)}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} \quad (\text{Ecuación 1})^8$$

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{(Mn + Cr + Cu)}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (\text{Ecuación 2})^9$$

Las formulas de Carbono Equivalente son usualmente desarrolladas de amplias bases de datos de concentraciones críticas de hidrógeno y restricciones de las juntas soldadas que resultaran en fisuras inducidas por hidrógeno en el acero. En varios niveles de CE, ciertos requerimientos de precalentamiento son establecidos. Para la ecuación 1, cuando el CE excede 0.35%, precalentamientos son recomendados para minimizar la susceptibilidad a la Fisuración por Hidrógeno. En niveles más altos de CE, tanto precalentamiento y postcalentamiento pueden ser requeridos.

Considerando que el CE del acero SUMITEN780S es igual a 0.497 precisa la necesidad de un precalentamiento, control de la temperatura durante el proceso de soldadura y un postcalentamiento para deshidrogenado de la junta soldada. El cálculo de la temperatura de precalentamiento e interpase será visto en la parte experimental de la investigación.

### Parte Experimental

A continuación se presentan los resultados de los ensayos a los que fueron sometidas 2 probetas para la calificación del Procedimiento de Soldadura, con el código ASME (Boiler and Pressure Vessel Code Section IX-2007).

### Composición química y Propiedades mecánicas del acero SUMITEN 780S:

El acero SUMITEN 780S combina altos límites elásticos con buena tenacidad, ductibilidad, resistencia a la corrosión y soldabilidad. La composición química y puntos mínimos de resistencia elástica y a la tracción se dan en la tabla 01 y tabla 02 respectivamente.

<sup>8</sup> Formula para cálculo de Carbono Equivalente deducida por el Instituto Internacional de Soldadura

<sup>9</sup> Formula para cálculo de Carbono Equivalente Itto y Bessyo, código AWS D1.1



Elemento	Especificación 6-40 mm (Heat Analys ,%)
C	0.10
Si	0.07
Mn	0.75
Cu	0.30
Cr	0.78
Mo	0.31
V	0.04
Ni	0.40
B	9 ppm
P	80 ppm
S	10ppm
Pcm	0.225
CE (IIW)	0.497

Tabla 01. Composición química del acero en plancha SUMITEN 780S

Espesor (mm)	Limite elástico (MPa)	Limite a la tracción (MPa)	Elongación (%)
≤16	685 min.	780/930	16 min.
>16	685 min.	780/930	16 min.

Tabla 02. Resistencia a la Tracción del acero SUMITEN 780S

Impacto Charpy -V (Joules)	63 J @ -40 °C
----------------------------	---------------

Fueron utilizados cuerpos de prueba cortados con un grupo de corte oxiacetilénico. Para realizar las soldaduras se utilizó el proceso con arco eléctrico (SMAW) con electrodos revestidos del tipo E11018-G-H4 de 3.25 mm de diámetro y con las variables de soldadura mostradas en la tabla 02. Se utilizó una máquina multiprocesos Lincoln INVERTEC V350-PRO, teniéndose extremo cuidado en la limpieza de la junta a soldar, para evitar contaminación.

Para el cálculo de la temperatura de precalentamiento se usó la fórmula de Itto y Bessyo, siguiendo el siguiente procedimiento:

$$T (^{\circ}\text{C}) = 1440 P_c - 392 \dots \text{Formula de ITTO - BESSYO}$$

$$P_c = P_{cm} + H/60 + h / 600$$

$$P_{cm} = 0.22 \text{ (parámetro de composición de Itto y Bessyo)}$$

$$H = \text{Hidrógeno difusible en metal de aporte (ml/100g)} = 4 \text{ ml/100g}$$

$$h = \text{espesor (mm)} = 38 \text{ mm (mayor espesor de la junta a soldar)}$$

$$P_c = 0.22 + 4/60 + 38/600 = 0.35$$

$$T (^{\circ}\text{C}) = 1440 (0.35) - 392 = 112^{\circ}\text{C}$$

$$T (^{\circ}\text{C}) = 110^{\circ}\text{C (mín)}$$

Parámetros de Soldadura	Min.	Max.
Velocidad de avance (mm/s)	65	85
Voltaje (V)	22	24
Corriente (A)	110	125
Heat Input (KJ/mm)	2.57	2.77
Temp. de precalentamiento (°C)	110	--
Temp. Interpase (°C)	100	150

Tabla 03. Variables de soldadura aplicadas

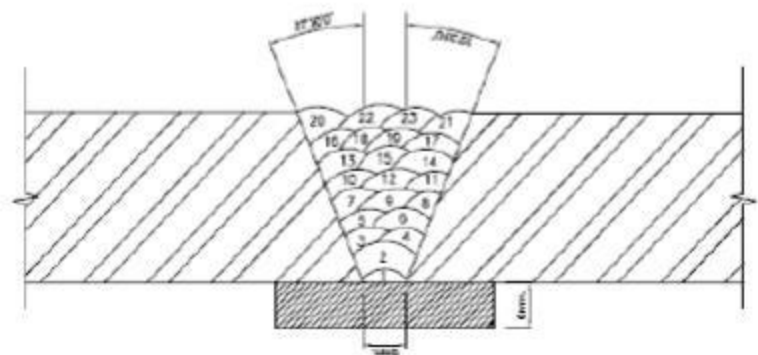


Fig. 01: Diseño de junta utilizada para probeta con espesor de metal base de 28 mm.

Para el caso del almacenamiento de los electrodos, estos se mantuvieron en hornos a una temperatura de 150°C y luego fueron almacenados en hornos portátiles a 125°C antes de ser utilizados, estas temperaturas son las recomendadas por el fabricante del electrodo. Posterior al proceso de soldadura las probetas fueron sometidas a un postcalentamiento para deshidrogenado de la junta soldada, para lo cual se mantuvo la probeta a una temperatura de 200°C por espacio de 2 horas.

**Ensayo de tracción:** Se llevaron a cabo sobre probetas de acero SUMITEN 780S soldadas, el ensayo se realizó bajo el Código ASME Sección IX-2007, a una temperatura de 27°C.

MUESTRAS	AREA (mm <sup>2</sup> )	Carga máx. (kN)	Tensión máx. (MPa)
M1	528.3	435.7	825
M2	531.9	434.1	816

Tabla 04. Resultados del Ensayo de Tracción

Observaciones: Las muestras M1 y M2 se rompieron en la Zona Afectada por el Calor (ZAC).

**Ensayo de Impacto:** Se realizaron en probetas de acero SUMITEN 780S, tanto del metal base, zona afectada por el calor y metal de aporte. Se Uso la Norma ASTM E23-05, para procedimiento de ensayo.

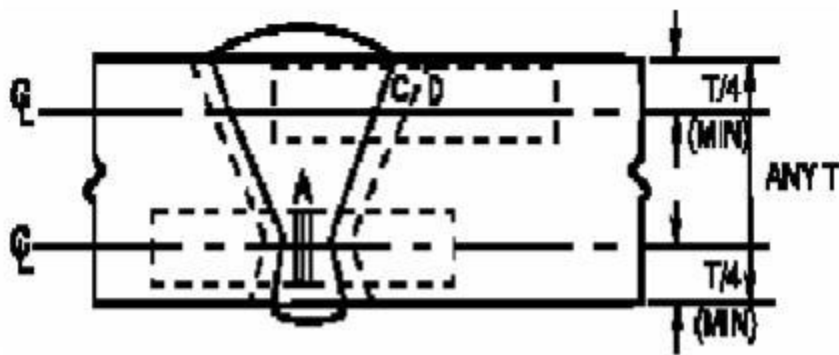


Fig. 02: Esquema de ubicación de probetas para impacto

MUESTRA	Temperatura de Ensayo (°C)	Energía promedio Absorbida (Joule)
Metal base	-20	240
ZAC	-20	109
Metal Aporte	-20	75

Tabla 05. Resultados de ensayo de Impacto

**Ensayo de Dureza Vickers:** Se llevaron a cabo sobre probetas de acero SUMITEN 780S soldadas. El ensayo se realizó bajo el procedimiento de la Norma ASTM E92-03, a una temperatura de 22.1°C y usando una carga de 10kg. La incertidumbre de medición fue de +/- 1.2HV10.

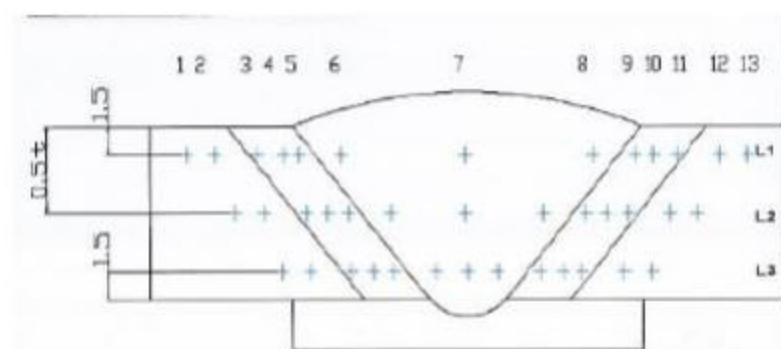
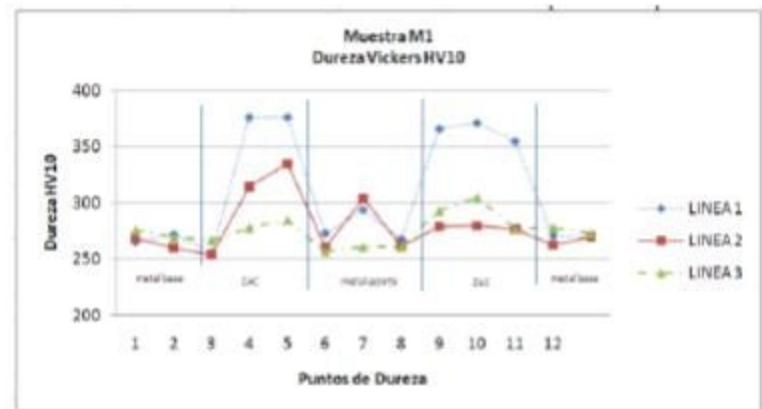


Fig. 03: Puntos de dureza evaluados



Gráfica 01. Distribución de durezas en probeta soldada



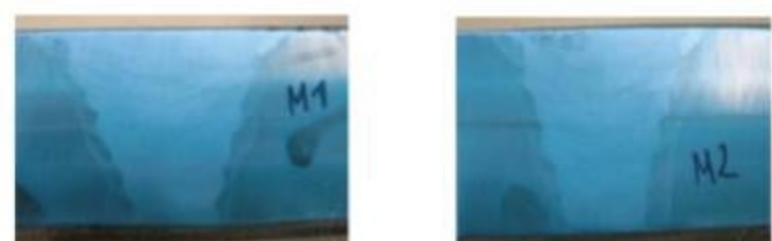
Gráfica 02. Distribución de durezas en probeta soldada

**Ensayo de Doblado:** Se llevaron a cabo bajo la Norma de ensayo ASME IX-2007, a una temperatura de 23 °C, sobre una probeta de 10 mm. de espesor, los resultados del ensayo se muestran en el siguiente cuadro:

Muestra	Angulo de Doblado	Discontinuidades	Observaciones
DL1	180°	No hay	CONFORME
DL2	180°	No hay	CONFORME
DL3	180°	No hay	CONFORME
DL4	180°	No hay	CONFORME

Tabla 06. Resultado de Ensayo de Doblez Lateral

**Análisis macrográfico:** Se analizó la sección transversal de la probeta, se pulió mecánicamente, para luego ser atacada químicamente con Nital al 10%. El ensayo se realizó bajo el Código ASME Sección IX-2007.



Fotografía 03. Macrografía de probetas ensayadas con un aumento de 4X.

## Resultados

Las tablas superiores muestran los resultados de ensayos realizados para determinar las propiedades mecánicas de las probetas soldadas, con los parámetros mostrados en la tabla 2.

De los ensayos de tracción, impacto, dureza y análisis macrográfico se pueden destacar los siguientes puntos:

- Según los ensayos de tracción podemos destacar que después del proceso de soldadura la resistencia a la tracción máxima fue de 825 MPa, el cual está en el rango de resistencia del acero SUMITEN 780S, además la zona de ruptura se dio en la ZAC.
- Visualizando los resultados del ensayo de impacto, vemos que la energía absorbida en la ZAC y el metal de aporte se encuentran por encima de la energía mínima absorbida por el metal base el cual es 63 J @ -40°C.
- Tras observar los resultados de la medición de dureza vemos que estas aumentan en la ZAC y en el metal de aporte, pero que la dureza máxima alcanzada está por debajo de los 400 HV10 de dureza máxima permisible para evitar la fragilización del acero.
- La observación de las probetas de ensayo macrográfico muestran una buena penetración y la ausencia de discontinuidades y falta de fusión.

- Realizar una adecuada instrucción a soldadores y personal de apoyo, acerca de la ejecución de la soldadura (precalentamiento, temperatura de interpase, forma de iniciar el arco, limpieza entre cordones, acabado final, velocidad de avance, velocidad de enfriamiento, etc.).
- El tiempo mínimo recomendado para realizar los ensayos de Ultra sonido, rayos X o Gammagrafía, es de 48 horas después de concluir el proceso de soldadura, pues es el tiempo promedio en que se produce la aparición de las fisuras.
- Para la Soldadura de este tipo de materiales, se debe de tener un sumo cuidado en la selección y control de los parámetros de soldadura especialmente con el aporte de calor y temperatura de precalentamiento.

Lima, Julio 2009

## Conclusiones y Recomendaciones

- Según los resultados de los ensayos realizados a las probetas, una temperatura de precalentamiento no menor 110 °C y temperaturas de interpase de 100 a 150 °C, son las adecuadas para evitar una fisuración en Frío inducida por hidrógeno, estas serian adecuadas para el proceso de soldadura SMAW con el uso del electrodo E11018G-H4.
- El postcalentamiento recomendado por el fabricante del acero SUMITEN 780S a una temperatura de 150 - 200 °C por espacio de 2 horas, después de concluido el proceso de soldadura, son una acción efectiva para ayudar la difusión del hidrógeno fuera de la ZAC y metal de aporte.
- Se debe tener especial cuidado en la pasada de los últimos cordones, pues estos presentan mayor tendencia a la formación de estructuras frágiles, por tener una mayor velocidad de enfriamiento que los cordones anteriores, una medida para evitar esto es el uso de la técnica del Temper Bead Weld.
- Los mayores valores de dureza se encuentran en la ZAC, lo que confirma la necesidad de un control estricto de los parámetros de soldadura para evitar la formación de estructuras frágiles en esta zona.
- Se recomienda el uso de materiales de aporte del tipo Básico (bajo contenido en hidrógeno), para minimizar la difusión del mismo desde el metal de aporte hacia metal base.
- Evitar aportes térmicos mayores a 3 KJ/mm. Se prefiere la técnica de pasadas estrechas.
- Mantener el contenido de hidrógeno en la soldadura al mínimo posible.

# VARIABLES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE CHANCADORAS PORTÁTILES EN PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS

Marco Antonio Ríos Morales<sup>1</sup>

**Sinopsis:** El objetivo del estudio es identificar los factores que influyen y determinan el rendimiento de la chancadora portátil modelo NW 200HPS, valiéndose de información recogida de campo y de laboratorio para reflejar la calidad de los materiales obtenidos según las especificaciones técnicas del proyecto. En la actualidad, en nuestro medio no existe mucha información al respecto ya que todo el proceso de chancado se ve limitado al uso temporal de las chancadoras, pero la necesidad de obtener agregados pétreos de forma artificial a fin de satisfacer la demanda del sector construcción nos obliga a hacer uso de las chancadoras. Necesitamos saber los mecanismos necesarios para operar adecuadamente con esta clase de equipos a fin de no solamente producir con calidad los agregados sino prolongar la vida útil de esta clase de equipos. Por ello en este artículo trataremos de identificar las principales variables que influyen en el rendimiento de las plantas de chancado.

**Palabras Clave:** Rendimiento; Agregado grueso y fino; Variables de entrada y de salida, chancadora NW 200HPS

**Abstract:** The main object of this study is to identify the characteristics that influence and determine the performance of the portable crusher model NW 200HPS, using information collected from field and laboratory to show the quality of the materials obtained according to the technical specifications of the project. Nowadays, in our environment there is not much information about it because the whole process of crushing is limited to the temporal use of these crushers, but the need of obtaining rock aggregates artificially to satisfy the demand of the construction sector forces us to use crushers. We need to know the necessary mechanisms to properly operate this type of equipment not to only produce quality aggregates but to prolong the life of this kind of equipment. Therefore, in this article we will try to identify the principal variables affecting the performance of the crushing plants.

**Key Words:** Performance; Fine and Course Aggregate; Input and Output Variables; Crushing NW 200HPS

## Introducción

Para realizar trabajos de trituración y reducción del tamaño de agregados para satisfacer la demanda requerida en las obras civiles, hacemos uso de las chancadoras, las cuales a su vez requieren de una serie de procesos para lograr resultados favorables en el chancado. Una forma eficaz de saber que tan favorable es o no el proceso de chancado, se logra midiendo el rendimiento de la chancadora.

La medición del rendimiento de la chancadora hace posible mejorar los niveles de operación y productividad de la misma. Esta medición lo hacemos en la planta de chancado, llevando un control de producción diaria.

Pero el rendimiento de la chancadora obedece a determinados factores que influyen en el mismo.

Visto lo anterior, en esta investigación trataremos de mostrar analítica y experimentalmente qué variables o factores son las más influyentes en el rendimiento de la chancadora.

## Objetivos

- Identificar las principales variables o factores que influyen en el rendimiento de las chancadoras portátiles utilizadas en planta concentradora de agregados.
- Verificar la calidad con que se producen los agregados haciendo uso de la chancadora.
- En base a análisis de resultados, establecer un sistema de información que ayude a identificar los problemas que surjan en el proceso de chancado y así poder tomar decisiones acertadas en el proceso operacional de la chancadora.

## 1. FUNDAMENTO TEORICO

Para desarrollar esta investigación haremos un análisis detallado de los siguientes términos y definiciones que serán utilizados en el transcurso del mismo.

### a. Granulometría

El análisis granulométrico tiene por objetivo determinar la distribución de tamaños de las partículas existente en una muestra de agregados. Para lograr esto se utilizan una serie de tamices normalizados, ordenados de mayor a menor abertura donde se suele pasar al material.

### b. Curva Granulométrica

Los resultados del tamizado y sedimentación se llevan a un gráfico representativo llamado curva granulométrica.

<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención en Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
E-mail: , [mrrios@gym.com.pe](mailto:mrrios@gym.com.pe)  
Miembro del IIFIC-UNI.  
Miembro del Convenio UNI-GyM  
Página web:  
<http://iific.blogspot.com>; <http://www.iific.edu.pe>



La curva se dibuja en papel semilogarítmico. Las ordenadas en escala aritmética representan a los porcentajes en peso de partículas con diámetro menor que cada uno de los lados de las abscisas.

Las abscisas en escala logarítmica representan los tamaños de los granos en milímetros. Esta escala, en razón de que los diámetros ( $\Phi$ ) varían de cm a  $\mu\text{m}$ .

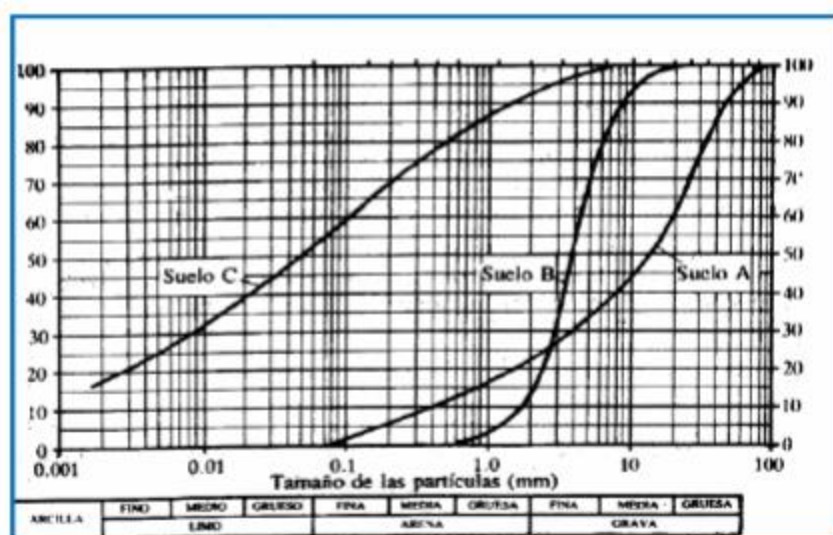
Para clasificación de los granos gruesos del suelo haremos uso del siguiente cuadro:

**Tabla n° 1 Clasificación de agregados según organización internacional Fuente: (G. Duque)**

1. American Association of State Highway and Transportation Official(AASHTO)
2. American Society for Testing and Materials(ASTM)
3. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos(SUCS)

La clasificación anterior es necesaria para referimos en términos geotécnicos, pudiendo complementarse con otros ensayos como el límite de Atterberg que caracterizan la plasticidad y consistencia de los finos en función del contenido de humedad.

La forma de la curva granulométrica presenta formas parecidas a la figura presentada a continuación:



**Fig. 1. Curvas granulométricas típicas**

*Fuente: (G. Duque)*

Según esta gráfica tenemos:

Curva A: Suelo bien gradado y de grano grueso.

Curva B: mal gradado, poco uniforme (curva parada sin extensión)

Curva C: Suelo arcilloso o limoso (fino) T4 y T200 = Tamices o mallas.

### c. Clasificación De Agregados En Planta Según Sus Tamaños

- Agregados Gruesos: Está compuesto mayormente por gravas, comprendidos entre 60 y 5mm. Y conforman el esqueleto de cualquier mezcla bituminosa o concreto armado.
- Agregados finos: Se representan por las arenas, se excluyen partículas que no pasan el tamiz de 5 mm, se utiliza para complementar el esqueleto del agregado grueso y rellenar la mezcla más compacta.

- Filler o rellenedor : Se define como el material que pasa el tamiz 0.08mm, se obtiene como resultado del lavado de los agregados procesados por chancadoras.

### d. Abrasividad

Es la propiedad de los materiales a sufrir u ocasionar desgaste en las paredes de otro cuerpo cuando es sometido a fricción continua. Esta propiedad es determinante para fijar que tan fácil o difícil es el chancado del material conociendo su abrasividad. Dependiendo de la abrasividad podremos estimar el tiempo de duración del forro utilizado en el molino de chancado.

	AASHTO <sup>1</sup>	ASTM <sup>2</sup>	SUCS <sup>3</sup>
	$\Phi(\text{mm})$	$\Phi(\text{mm})$	$\Phi(\text{mm})$
Grava	75 – 2	> 2	75 – 4.75
Arena	2 – 0.05	2 – 0.075	4.75 - 0.075
Limo	0.05 – 0.002	0.075 – 0.005	< 0.075
Arcilla	< 0.002	< 0.005	FINOS

Existen tres tipos de abrasividad conocidas desde el punto de vista de la dureza del material, los cuales son:

1. Abrasión por Impacto.
2. Abrasión por presión.
3. Abrasión por atrición.

Para fines prácticos nos referiremos a la abrasividad por impacto, ya que el método de medir esta abrasividad es ampliamente usada en nuestro medio, nos referimos al ensayo de los Ángeles.

#### d.1) Método del ensayo de los Ángeles (ASTM C535-03)

Este método mide la pérdida de masa que sufre un agregado al ser sometido a un proceso de desgaste. Se fundamenta en someter una muestra de agregado previamente lavada y pasada por 7 granulometrías distintas a la acción de la máquina de los Ángeles, conformada por un cilindro hueco de acero (Tambor) de 500mm de longitud y 700mm de diámetro aproximadamente, atravesado longitudinalmente por un eje central que hace posible su giro.



**Fig. 2 Equipo del Ensayo Los Ángeles**

*Fuente: (Manual de Ensayos de laboratorio Mecánica de suelos aplicado a Vías de transporte EC-522G UNI-FIC-Lima Perú)*

En el tambor se introduce la muestra de agregado con una carga abrasiva conformada por bolas de acero macizo según el tipo de granulometría ensayada. Los pesos y el número de las bolas serán según:

TIPO DE GRADACION	NUMERO DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (grs)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Tabla n° 2 Características de las esferas introducidas en el tambor del ensayo los Ángeles

Fuente: (Manual de ensayos de laboratorio del curso Mecánica de suelos aplicado a vías de transporte EC-522G-Universidad Nacional de Ingeniería Lima Perú)

El impacto entre el agregado y las bolas de acero ocasiona la abrasión, expresándose en porcentaje de desgaste, como la diferencia del peso inicial seco de la muestra y la masa del material desgastado entre el peso inicial seco de la muestra.

$$ABRACION(\%) = \left( \frac{Pa - Pb}{Pa} \right) * 100$$

Pa= Peso inicial de la muestra seca (gr)

Pb= peso final de la muestra al ser sacada del tambor luego de girar a mas de 30rpm durante 500 revoluciones aproximadamente.

#### e. Durabilidad

Es la propiedad que tiene un cuerpo a la erosión química. Si bien no influye directamente en el rendimiento del chancado, este factor nos proporciona la calidad con la que se obtendrán los agregados triturados para ser usados en las obras.

El ensayo de laboratorio para obtener esta propiedad se logra utilizando simuladores químicos (sulfato de sodio o sulfato de magnesio) como agentes de desgaste durante 5 ciclos para finalmente lavar y secar el material para pesarlo, para ver si el material cumple las normas o el expediente técnico del proyecto. El porcentaje de desgaste se mide según.

$$\% \text{ desgaste} = \left( \frac{Pa - Pb}{Pa} \right) * 100\%$$

#### f. Contenido de Humedad

Es la cantidad de agua contenida en una muestra. El método tradicional de obtener la humedad del suelo es por secado al horno, donde el contenido de humedad se expresa en porcentaje de peso de la cantidad de agua contenida en la muestra con el peso seco de la muestra. Y su expresión viene dada de la siguiente forma:

$$ur(\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100\%$$

ur (%)= Contenido de humedad de la muestra expresada en porcentaje

Ww= peso de agua en la muestra ensayada (gr)

Ws= peso de la muestra secada al horno (gr).

## 2. RENDIMIENTO DE LA CHANCADORA MODELO NWS 200HP

En esta sección analizaremos los parámetros involucrados en el rendimiento de la chancadora de cono del proveedor Metso Minerals, modelo Nordberg 200HPS (NW 200HPS) que opera en una obra en la provincia Yauyos departamento Lima y que se viene utilizando para obtener arena gruesa. Se realizaron mediciones de campo para estudiar detalladamente algunas variables involucradas en el proceso de chancado.

El material requerido por la chancadora en fechas Abril del 2009 es arena con huso granulométrico especificado según el proyecto indicado en los anexos adjuntos en este documento.

Fig. 3. Vista de planta portátil concentradora de agregados

### a. Variables de entrada que influyen en el rendimiento de la chancadora NW 200HPS

A modo general hemos identificado 3 juego de variables de entrada que influyen en el rendimiento del equipo en el proceso de chancado.

1. Propiedades del material que ingresa a la chancadora.
2. Parámetros mecánicos de la chancadora
3. Parámetros operativos de la chancadora en planta

A su vez se pone como factor influyente el efecto atmosférico, representado por las lluvias en la zona de trabajo.

A continuación identificamos los factores involucrados en cada uno de este juego de variables de entrada.

#### a.1 Factores propios del material de ingreso

El material de ingreso, será el que proviene de la cantera elegida para su explotación.

##### • Factores Visuales Origen del material

Los materiales procesados en plantas concentradoras en nuestro medio, pueden ser de de dos orígenes principalmente. Material de cerro y material de río.

**Material proveniente de cerro**, generalmente presenta fracturas en toda su estructura, con forma angulosa.

Este tipo de material por lo general requiere de chancadoras de menor potencia para su trituración, dependiendo siempre de la composición mineralógica que lo conforma. Uno de los

inconvenientes de este material es el contenido elevado de finos, lo cual hace necesario utilizar un sistema de lavado muy riguroso dependiendo siempre de las características del material que se desea obtener.

**Material de río**, presenta formas redondeadas, conocidas como canto rodado. Esta forma del material requiere generalmente chancadoras con mayor potencia ya que su estructura compacta hace que la trituración sea más forzada. La ventaja de este material es que se requiere un sistema de lavado menos exigente que el material de cerro ya que su contenido de finos es menor, por haber sido lavado de modo natural en el río.



Fig. 4: Flujo de ingreso de material a la cámara de chancado en planta

- **Factores granulométricos**

**Granulometría:** La distribución de los tamaños del agregado que entra en la cámara de chancado, es un factor determinante que condiciona el proceso de chancado en función de los tamaños máximos y mínimos del agregado a procesar.

**Humedad:** El contenido de agua en el agregado es otro de los factores que establecen la facilidad del chancado, ya que mientras el agregado presente mayor contenido de agua en sus poros, el agua literalmente cierra los intersticios creados por estos. Producto de ello es que se incrementa la presión necesaria para romper sus partículas. Todo esto genera mayor exigencia a la chancadora.

### a.2 Factores de la chancadora

- **Factor mecánico**

#### Modelo y potencia del motor de la chancadora

La potencia del motor eléctrico de la chancadora, refleja la cantidad de energía consumida para transmitir movimiento a los discos de la chancadora en su parte interna, para lograr de ese modo la molienda del material que ingresa en la cámara de chancado.

La potencia del motor utilizado en la planta analizada es de 200 HP.

### Excentricidad de la cámara de chancado

Se refiere a la separación que hay entre el eje vertical de la base del cono y el eje de giro del disco o forro de la chancadora. Este mecanismo es el causante de la trituración, por lo que debe ser considerado como importante, de tal modo que siempre se verifique la excentricidad adecuada para el chancado según el manual de operación del fabricante.

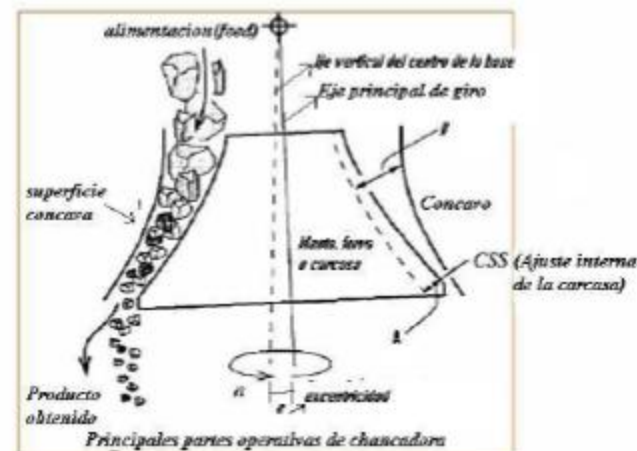


Fig.5 Parte interna excéntrica del cono de chancado

### Horometría de la chancadora

Se refiere a la cantidad de horas de funcionamiento de la chancadora. Un equipo con más horas de funcionamiento, no será indicio para asegurar más rendimiento.

- **Factores geométricos**

**Abertura de entrada y salida** El tamaño con el que se regula la alimentación de entrada en la cámara de chancado está en función del tamaño máximo del agregado que entra.

La abertura de salida está en función del tamaño máximo requerido del agregado a ser utilizado, según las especificaciones técnicas del proyecto. Estas medidas se calibran en la cámara de control o se ajustan mediante accesorios permitidos en la cámara de chancado.



Fig. 6 Esquema interior de la cámara de chancado Según Metso Minerals

Las partes geométricas son:

1. El reglaje "A" mínimo puede variar según el molino.
2. Apertura de alimentación "B" correspondiente al reglaje mínimo "A".

La cámara de chancado se selecciona según el siguiente cuadro:

Tamaño de molino	Cámara	STANDARD		CABEZA CORTA	
		Reglaje Mínimo "A"	Apertura de alimentación "B"	Reglaje Mínimo "A"	Apertura de alimentación "B"
HP100	Extra Fina			6 mm (0.24")	20 mm (0.79")
	Fina			9 mm (0.35")	50 mm (1.97")
	Media			9 mm (0.35")	70 mm (2.76")
	Gruesa			13 mm (0.51")	100 mm (3.94")
	Extragruesa			21 mm (0.83")	150 mm (5.91")
HP200	Extra Fina			6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
	Fina	14 mm (0.55")	95 mm (3.74")	6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
	Media	17 mm (0.67")	125 mm (4.92")	6 mm (0.24")	54 mm (2.13")
	Gruesa	19 mm (0.75")	185 mm (7.28")	10 mm (0.39")	76 mm (2.99")
	Extragruesa			10 mm (0.39")	76 mm (2.99")
HP300	Extra Fina			6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
	Fina	13 mm (0.51")	107 mm (4.21")	6 mm (0.24")	25 mm (0.98")
	Media	16 mm (0.63")	150 mm (5.91")	8 mm (0.31")	53 mm (2.09")
	Gruesa	20 mm (0.79")	211 mm (8.31")	10 mm (0.39")	77 mm (3.03")
	Extragruesa	25 mm (0.98")	233 mm (9.17")	10 mm (0.39")	77 mm (3.03")
HP400	Extra Fina			6 mm (0.24")	30 mm (1.18")
	Fina	14 mm (0.55")	111 mm (4.37")	6 mm (0.24")	40 mm (1.57")
	Media	20 mm (0.79")	198 mm (7.80")	8 mm (0.31")	52 mm (2.05")
	Gruesa	25 mm (0.98")	252 mm (9.92")	10 mm (0.39")	92 mm (3.62")
	Extragruesa	30 mm (1.18")	299 mm (11.77")	10 mm (0.39")	92 mm (3.62")
HP500	Extra Fina			6 mm (0.24")	35 mm (1.38")
	Fina	16 mm (0.63")	133 mm (5.24")	8 mm (0.31")	40 mm (1.57")
	Media	20 mm (0.79")	204 mm (8.03")	10 mm (0.39")	57 mm (2.24")
	Gruesa	25 mm (0.98")	286 mm (11.26")	13 mm (0.51")	95 mm (3.74")
	Extragruesa	30 mm (1.18")	335 mm (13.19")	13 mm (0.51")	95 mm (3.74")
HP800	Extra Fina			5 mm (0.20")	33 mm (1.30")
	Fina	16 mm (0.63")	219 mm (8.62")	5 mm (0.20")	33 mm (1.30")
	Media	25 mm (0.98")	267 mm (10.51")	10 mm (0.39")	92 mm (3.62")
	Gruesa	32 mm (1.26")	297 mm (11.69")	13 mm (0.51")	155 mm (6.10")
	Extragruesa	32 mm (1.26")	353 mm (13.90")	13 mm (0.51")	155 mm (6.10")

Tabla n° 3 Correspondencia de tamaños según Manual del fabricante

En el cuadro anterior se puede diferenciar los tipos de forro o cámara de chancado a calibrar según el tamaño menor o igual al reglaje mínimo "A" o abertura de salida de la chancadora.

Los tipos de forro o cámara de chancado para la chancadora analizada (HP200) son: **Extra fina, Fina, Media, Gruesa, Extra gruesa.**

#### • Producción teórica según fabricante

La cantidad de material producido en condiciones ideales proporcionado en el manual del equipo. Se expresa en toneladas de material suelto por hora el cual está en función de la abertura del canal de salida o reglaje mínimo "A".

Este factor nos permite comparar la producción teórica según datos del fabricante del equipo de chancadora con la producción real en planta. El siguiente cuadro ilustra la producción especificada por el fabricante de la chancadora según el tipo de reglaje utilizado.

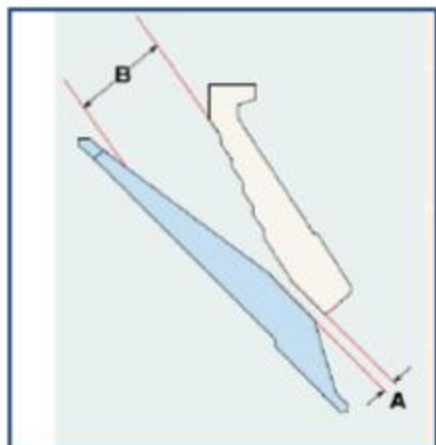


Fig. 7 Producción teórica (ton/h) según la abertura de salida

#### • Curvas de Producción Teórica según el fabricante

Las curvas granulométricas correspondientes a esta producción según el fabricante es la que se muestra a continuación, para nuestro caso trabajamos con el reglaje de 10mm.

Modelo de planta	Producción en (t/h) de productos menores que la malla de 2					
	1 1/2"	1 3/4"	1"	3/4"	5/8"	3/8"
	48 mm	20 mm	25 mm	17 mm	15 mm	10 mm
NW200HP	200-240	180-220	150-210	140-180	100-140	90-120

La capacidad de planta está basada en condiciones de material de ingreso limpio, bajo contenido de humedad, peso específico de 1.6 t/m<sup>3</sup>, un mínimo de contenido de finos.

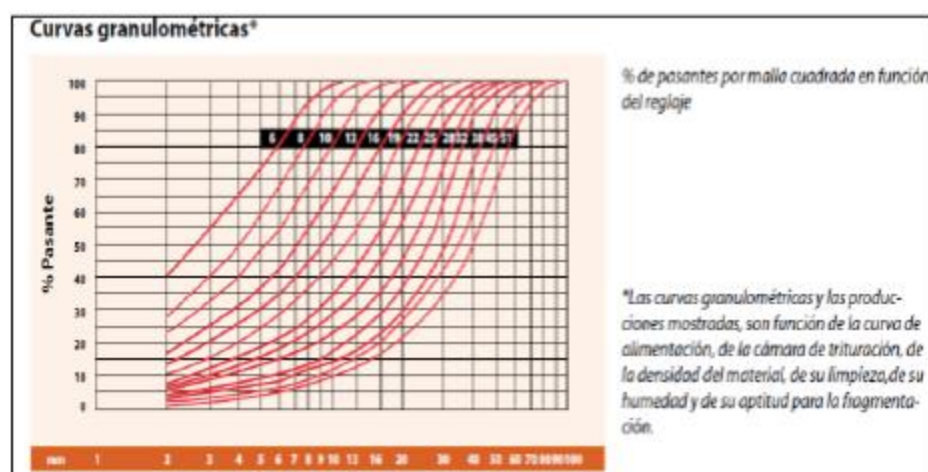


Fig. 8 Curva granulométrica según reglaje de la cámara de chancado

#### a.3 Factores operativos y de trabajo con la chancadora

- **Experiencia de personal:** Este es un factor de vital importancia. El conocimiento aplicado con la experiencia ayuda a mejorar el funcionamiento de los equipos en planta. Muchas veces surgen problemas técnicos con el equipo de chancado, si el personal carece de principios básicos de mecánica y de mantenimiento, no podrá resolver los problemas que surjan en planta, teniendo que recurrir a técnicos especialistas para resolverlos. El tiempo en el que se demoran invocando la presencia de otros técnicos terceros en planta hace que se detenga la producción continua de los agregados, disminuyendo de esa forma el rendimiento del equipo.
- **Control de lavado de agregados:** Decir que el agregado está limpio o no, depende del contenido de finos y de impurezas que se asocian al material que ingresa en la cámara de chancado. Por lo general el agregado con alto contenido de finos presenta dificultades para ser Chancado, disminuyendo de esta forma el rendimiento de la chancadora.

Por tal motivo es que se acopla un sistema de lavado del agregado antes que ingrese a la cámara de chancado, separando de este modo los finos del material granular a chancar para mejorar el nivel operacional de la chancadora.

El control de lavado incrementa la vida útil del equipo, ya que si los finos entran en la cámara de chancado, no se llegue a triturar de manera favorable, esto origina que el motor se recaliente sin hacer trabajo productivo. A su vez si este contenido de finos viene asociado con una cantidad de agua, se forman cuerpos barrocos que dañan la cámara de chancado, perjudicando seriamente al



sistema de lubricación de la chancadora ya que se infiltran las aguas del material barroso a los filtros de aceite.

Como ejemplo práctico, presentamos el problema acaecido en una noche de trabajo con la chancadora NW 200HPS de la obra antes mencionada, donde no se controló el lavado del agregado de entrada ya sea porque la bomba se apagó o porque el caudal de entrada del agua no fue lo suficiente para separar los finos del material granular. Esto trajo consigo que ingrese material barroso en la cámara de chancado, obstruyéndose el paso controlado de agregados, de este modo se excedió la altura constante establecida de 30 cm aproximadamente para la alimentación de la chancadora. Ello trajo consigo que pierda fuerza el motor eléctrico y se apagará automáticamente por recalentamiento.



Fig. 9. Sobrellenado de la cámara de chancado por presencia de finos



Fig. 10. Material barroso incrustado que infiltra sus aguas al sistema de lubricación producto de la falta de lavado

- **Condición de lluvias y Fenómenos atmosféricos:** El rendimiento y funcionalidad de la chancadora se ve afectado por la presencia de rayos. Ya que los metales son propensos a sufrir descargas eléctricas, por ello en planta se detiene la operación debido a este fenómeno. Además el material a procesar incrementa el contenido de humedad debido a las lluvias.

A modo de resumen las variables de entrada y salida para 2 mediciones (muestras) hechas en la obra se esquematizan en los siguientes cuadros. Al final del trabajo se podrán apreciar los anexos sobre el cual se apoyan los resultados mediante ensayos de laboratorio.

		FORMATO DE IDENTIFICACION DE VARIABLES DE ENTRADA				
		Fecha	01/04/09	02/04/09	03/04/09	
VARIABLES INTERNAS DE ENTRADA DEL PROCESAMIENTO	Propios del material que entra	Turno de trabajo	Día	Noche	día	
		Tipo de material que entra	Filtro	Filtro	Filtro	
		Origen del material(Río/Cerro)	Río	Río	Río	
		Forma de material	canto rodado	Canto rodado	Canto rodado	
		Velocidad. Entrada(m <sup>3</sup> /h)	22	17.84	21.61	
	Mecánicas	Abrasividad(ver anexo 1)	22%	22%	22%	
		Granulométricas	Granulometría (Ver anexo)	Anexo nº 2	Anexo nº 2	Anexo nº 2
			Tamaño máximo de agregado(mm)	25.4	25.4	25.4
			Tamaño mínimo de agregado(mm)	2	2	2
			Contenido de Humedad (%)	3.4	4.1	3.9
		Volumen Total procesado(m <sup>3</sup> )	231	162	231	
	Chancadora	Funcionales	Horometría (Horas de trabajo)	10.5	9.08	10.7
		Geométricas	abertura entrada(mm)	54	54	54
			Abertura salida(mm)	10	10	10
	Zaranda vibratoria	Funcionamiento	control de lavado(Buena/Regular/Mala)	regular	regular	Deficiente
Altura de llenado en cono (cm)			30	30	32	
Pasó revisión técnica día anterior (Si/No)			Si	Si	Si	

Tabla nº 5 Formato de resumen de las variables de entrada en el proceso de chancado

		FORMATO DE IDENTIFICACION DE VARIABLES DE SALIDA				
		Fecha	01,04,2009	02,04,2009	03,04,2009	
Material obtenido (Arena gruesa)		Turno	Día	Noche	Día	
		Vtp=Volumen total procesado(m <sup>3</sup> )	231	162	231	
		Horas de procesamiento(h)	10,5	9,08	10,7	
	Material obtenido (Arena gruesa)		Vto=Volumen Total Obtenido(m <sup>3</sup> )	210	150	205
			Granulometría(anexo)	Anexo nº 3	Anexo nº 4	Anexo nº
			Contenido de Humedad (%)	11,10%	10,40%	10,60%
			Calidad material(Buena/Regular/Mala)	Regular	Regular	Regular
			Rendimiento(m <sup>3</sup> /h)	20	16,52	19,15
			PU\$(ton/m <sup>3</sup> )	1,54	1,54	1,54
			Toneladas producidas(t/h)	30,8	25,44	29,49
			Producción teórica(t/h)	90-120	90-120	90-120
			% Capacidad de planta según producción teórica	34,22	28,26	32,76

Tabla nº 6 Formato de resumen de las variables de salida en el proceso de chancado

En este formato, la calidad de material obtenido estará referenciada al huso especificado en el proyecto según la gradación requerida, siendo clasificado como bueno, si los porcentajes pasantes por las mallas se encuentran dentro de los husos indicados, regular si hay un leve desfase y malo si la curva sale con bastante notoriedad de los límites de gradación establecidos.

## CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

1. Los resultados de estas 2 muestras reflejan que la velocidad de entrada y la forma de alimentación hacia la chancadora influye directamente en el rendimiento.
2. En los resultados (según tabla n° 5) se aprecia que para lluvias más intensas, el rendimiento disminuye, pese a no haber mucha diferencia en la cantidad de horas de funcionamiento de la chancadora.
3. Las curvas granulométricas (anexo 4 y 5) reflejan la calidad con la que se están obteniendo la arena requerida en el proyecto, reflejada por las bandas que las encierran, siendo estas con una calidad regular ya que en el tamiz n° 8 no llega a estar completamente dentro de la banda de los husos granulométricos requeridos por el proyecto.
4. Si bien el material de entrada es filtro en ambos casos, se infiere que los materiales más abrasivos, presentaran mayor dificultad para el chancado, necesiándose para ello mayor energía.
5. En nuestro caso el material filtro procesado presenta una pérdida ante la abrasión de 22% en peso (según anexo n°1) y en cuanto a la durabilidad, es el agregado grueso que se desgasta menos frente al intemperismo químico respecto al agregado fino (2.9% frente a 3.1% de desgaste). Ver anexo n° 2.
6. El tipo de carcasa (cámara) utilizado en la chancadora NW 200HPS dependerá del tamaño requerido del agregado, calibrando estos valores en función del reglaje o abertura de salida del material. Para nuestro caso la carcasa utilizada en la chancadora es tipo **Media**.  
Ver tabla n° 5.
7. Para mantener la disponibilidad de la chancadora, se deberá procesar materiales granulares y en lo posible evitar la presencia de finos, por eso se debe utilizar un sistema de lavado continuo, que separe los finos del material de ingreso. Debe revisarse periódicamente las bombas de aguas, las mangueras. Todos los accesorios involucrados en el sistema de lavado para evitar que se ensucie el sistema de lubricación de la chancadora.

### Referencias Bibliográficas:

1. Luis Bañón Blázquez, Trabajo Fin de carrera, manual de carreteras Universidad de Alicante. San Vicente Del Raspeig - Alicante-España Setiembre 1999.
2. Russell A. Carter, KPIs: Keying in on Crusher Performance "Choose the correct set of key performance indicators for the application" Engineering & Mining Journal April 2006. ([www.e-mj.com](http://www.e-mj.com)).
3. Manual de Molinos de cono Nordberg Serie HP Metso Minerals ([www.metsominerals.com](http://www.metsominerals.com)).
4. Dr. Ing. Luis Ebensperger M. Los áridos en la construcción Revista BIT Mayo 2003 (<http://www.revistabit.cl/pdf/aridos.pdf>)
5. Manual de laboratorio del curso Mecánica de suelos aplicados a vías de transporte (EC 522 G) Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú.
6. Gonzalo Duque E. y Carlos E. Escobar, Mecánica De Los Suelos, capítulo 3 notas del curso Suelos I Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales 2002 (<http://www.geocities.com/geotecniaysuelos/>)

## Cuadro de Anexos

### Anexo n° 1

RESULTADOS			Pág. 1 de 1
ENSAYO	Grava para Filtro Zona 2 Cantera Piedra Blanca	MÉTODO	
<b>Ensayo de Abrasión, máquina de los Ángeles</b>			
Pérdida por abrasión, %	22	ASTM C535-03	
Gradación	A	"	

### Resultados del Ensayo a la abrasión por el método de Los Ángeles del material de entrada

### Anexo n° 2

DURABILIDAD DE AGREGADOS ASTM C-88 (Solución de Sulfato de Sodio)			
AGREGADO GRUESO			
	Peso inicial	Desgaste (%)	Desgaste en muestra (%)
Mayor que 2 ½"	0.0 g	0.00%	0.00%
De 2 ½" a 1 ½"	0.0 g	3.12%	0.03%
De 1 ½" a ¾"	1527.6 g	3.12%	0.50%
De ¾" a 3/8"	1000.2 g	2.67%	1.05%
De 3/8" a #4	301.1 g	2.98%	1.23%
Menor que #4	-----	2.98%	0.06%
		<b>Σ =</b>	<b>2.9%</b>

Análisis Cualitativo (efecto sobre las partículas)		
	De 2 ½" a 1 ½"	De 1 ½" a ¾"
Número Inicial de Partículas	0	55
Partículas Rajadas	0 (0%)	5 (9%)
Partículas Desmoronadas	0 (0%)	0 (0%)
Partículas Fracturadas	0 (0%)	3 (5%)
Partículas Astilladas	0 (0%)	5 (9%)

AGREGADO FINO			
	Peso inicial	Desgaste (%)	Desgaste en muestra (%)
Mayor que 3/8"	-----	9.52%	0.00%
De 3/8" a #4	100.0 g	9.52%	0.82%
De #4 a #8	100.0 g	1.35%	0.53%
De #8 a #16	100.0 g	2.94%	0.73%
De #16 a #30	100.0 g	6.32%	0.78%
De #30 a #50	100.0 g	3.35%	0.25%
Menor que #50	-----	0.00%	0.00%
		<b>Σ =</b>	<b>3.1%</b>

### Resultados del ensayo a la durabilidad de los agregados obtenidos



# Gestión de Desperdicios en las Edificaciones: Unidades de Albañilería

Javier Navarro Hayashida<sup>1</sup>

**Sinopsis:** Lo que se propone en el presente artículo es mostrar que existe la posibilidad de una latente mejora mediante la presentación de diversos estudios realizados principalmente en Brasil, así como un estudio realizado en Lima en Unidades de Albañilería. Es así que mediante todas las investigaciones realizadas se ha concluido que, efectivamente, el desperdicio generado por los diversos materiales que participan en una edificación es mayor al estimado teóricamente. Por dicho motivo, es de suma importancia la Gestión de Desperdicios ya que nos permite, mediante el mejoramiento de procesos e incorporación de nuevas tecnologías, disminuir los índices iniciales de pérdidas y hagamos que el proyecto se vuelva más rentable.

**Palabras Clave:** Desperdicio; Gestión de Desperdicios; Productividad; Unidades de Albañilería.

**Abstract:** The principal objective of this proposal is to show that there is a latent possibility of improvement by presenting several studies carried out mainly in Brazil, as well as a study carried out in Lima in Masonry Units. So, by means of all investigations, it has been concluded that, indeed, the waste generated by the different types of materials involved in a building is greater than the one estimated theoretically. For this reason, Waste Management is really important because it allows us, through process' improvements and incorporation of new technologies, to decrease the initial loss rate so the project becomes more profitable.

**Key Words:** Waste; Waste Management; Productivity; Masonry Units.

## Introducción

Actualmente, mucho se discute sobre las pérdidas en la construcción civil, tanto materiales como de tiempo por procesos constructivos inadecuados. Los estudios que se vienen realizando hasta la fecha en lo referente a la gestión de desperdicios en la construcción indican pérdidas porcentuales elevadas de algunos materiales respecto a las estimadas en el presupuesto, las cuales en nuestro país no están definidas teóricamente. Dichas pérdidas no sólo se generan en la obra misma, sino también en etapas previas a la construcción, como un inadecuado diseño, falta de planificación; o que bien se llevan de manera paralela a esta, como las fallas en el sistema de suministro de materiales (logística). Sin embargo, cabe recalcar que en el presente artículo sólo se pretende analizar el desperdicio que ocurre en la etapa de construcción.

En nuestro país este es un tema que no ha sido difundido apropiadamente. Existen empresas incluso que se dedican principalmente a tratar el tema de gestión de desperdicios, pero sin saber a cabalidad en qué materiales se presenta un mayor índice de desperdicio y cuál es el porcentaje de desperdicio existente en estos.

## Definición de desperdicio

Si bien existen diversas definiciones, la que más se adecua al medio en el que nos desenvolvemos es la siguiente: "*desperdicio* es cualquier pérdida producida por actividades que generan, directa o indirectamente, costos pero no adicionan valor alguno al producto desde el punto de vista del cliente" <sup>(2)</sup>, o dicho de manera más simple, "es todo aquello distinto al costo mínimo que no genera valor"<sup>5</sup>

Actualmente existen diversas clasificaciones para el desperdicio. La más genérica pero que desde primera instancia ayuda a discernir si es rentable o no buscar un método para disminuir dicho desperdicio es la siguiente:

- a) **desperdicio inevitable:** También conocido como desperdicio natural; es aquel en el que la inversión necesaria para su reducción es mayor que el costo producido por el desperdicio.
- b) **desperdicio evitable:** Aquel en el que el costo de desperdicio es significativamente mayor que el costo para prevenirlo.

Cabe mencionar que el porcentaje de desperdicio inevitable en cada proceso depende de la compañía y de la obra en particular, ya que está relacionado al nivel del desarrollo tecnológico.

Actualmente existen diversas clasificaciones de desperdicios, quizá la más utilizada es la presentada por Carlos Formoso (UFRGS-Brasil. 1999), en la cual están clasificados de acuerdo a su naturaleza.

<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.  
Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac  
Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
E-mail: [maildjavi@gmail.com](mailto:maildjavi@gmail.com)  
Miembro del IIFIC-UNI.  
Miembro del Convenio UNI-GyM  
Página web:  
<http://iific.blogspot.com>; <http://www.iific.edu.pe>



NATURALEZA	EJEMPLO
Sobreproducción	Producción de mortero en cantidad superior a la necesaria para un día de trabajo.
Sustitución	Utilización de ladrillos caravista en paredes a ser revocadas
Tiempo de espera	Alto en la ejecución de servicios por falta de material
Transporte	Acarreo innecesario
Procesamiento	Necesidad de rehacer una pared por no atender los requisitos de control (fallas en el sistema de control, mal juicio del operario).
NATURALEZA	EJEMPLO
Inventario	Deterioro del cemento en inventario
Movimientos	Tiempo excesivo de desplazamiento debido a grandes distancias entre las zonas de trabajo
Elaboración de productos defectuosos	Desniveles en la estructura

Tabla 1: Clasificación de desperdicios, UFRGS- Brasil. Fomoso, 1999.

Finalmente, se puede decir que la **gestión de desperdicios** se encarga de estudiar las pérdidas que se generan en los procesos constructivos tradicionales para, mediante la implantación de procesos constructivos optimizados, de nuevas tecnologías y de procesos de control, disminuir el desperdicio que se presenta usualmente.

## Antecedentes

En diversos países se han realizado estudios referidos al desperdicio presente en obra. A continuación se presentan algunos de los principales estudios realizados.

- a) **Skoyles (1976):** Estudio realizado en el Reino Unido, es uno de los más extensos en el tema. El autor monitoreó **el desperdicio de material en 114 obras de construcción**, concluyendo que existe una considerable cantidad de desperdicios que pueden ser evitados mediante la adopción de relativamente simples procedimientos de prevención. Además, el almacenamiento y la manipulación incorrecta de los materiales fueron señalados como las mayores causas de desperdicios. La mayoría de los problemas concernientes al desperdicio en las obras de construcción están relacionados a errores en el sistema administrativo, y tienen muy poco que ver con la falta de capacidad de los trabajadores. Es por esto que, actualmente, se mide el procedimiento y no al obrero que realiza la actividad, para de esta manera mejorar y simplificar el procedimiento. Cabe mencionar además que **el desperdicio es usualmente causado por una combinación de eventos, y no por un único factor** (Skoyles 1976).

Material	Nº de obras	Pérdida Mín - Máx (%)	Índice de pérdidas (%)	
			Prom.	Ppto
Concreto en infra-estructura	12	3 - 18	8	2.5
Concreto en superestructura	3	-	2	2.5
Acero	1	-	5	2.5
Ladrillos corrientes	68	1 - 20	8	4.0
Ladrillos caravista	62	1 - 22	12	5.0
Ladrillos estructurales huecos	2	-	5	2.5
Ladrillos estructurales macizos	3	9 - 11	10	2.5
Bloques ligeros	22	1 - 22	9	5.0
Bloques de concreto	1	-	7	5.0
Tejas	1	-	10	2.5
Madera (Tablas)	3	12 - 22	15	5.0
Madera (Planchas)	2	-	15	5.0
Mortero (Paredes)	4	2 - 7	5	5.0
Mortero (Techos)	4	1 - 4	3	5.0
Cerámica (Paredes)	1	-	3	2.5
Cerámica (Pisos)	1	-	3	2.5
Tubería de cobre	9	-	7	2.5
Tubería de PVC	1	-	3	2.5
Conexiones de cobre	7	-	3	-
Placas de vidrio	3	-	9	5

Tabla 2: Porcentaje Real de Desperdicio de Materiales. Skoyles, 1976.

- b) **Soibelman (1993):** En 1992, la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS) inició el desarrollo del primer proyecto de investigación en desperdicios en la industria de la construcción brasileña. El objetivo principal del estudio era **analizar las principales causas del desperdicio de materiales en la industria de la construcción** con el fin de proponer pautas para controlarlas en obras pequeñas. **Siete materiales de construcción fueron monitoreados en cinco diferentes obras durante un periodo de entre cinco y seis meses.** En 1993, Soibelman presentó una investigación detallada del estudio.

MATERIAL	PRINCIPALES CAUSAS
Concreto premezclado	Diferencias entre la cantidad entregada y la solicitada.
	Uso de equipos en mal estado.
	Errores de cubicaje.
	Dimensiones mayores a las proyectadas.
Mortero	Uso excesivo de mortero para reparar irregularidades (el consumo fue 89% mayor).
	Presencia de sobrantes diarios, los cuales debían ser eliminados.
Ladrillos huecos	Malas condiciones en el recibo y almacenamiento de los ladrillos.
	Modulación nula, lo que trae como consecuencia la necesidad de cortar las unidades.
Cemento	Valen las mismas observaciones que para el mortero respecto al uso excesivo.
	Rotura de bolsas en el momento de recibir el material.
	Almacenamiento inadecuado del material.

Arena	Inexistencia de contenciones laterales para evitar dispersión de material.
	Manipulación excesiva antes de su uso final.

**Tabla 3:** Principales causas de las pérdidas. UFRGS- Brasil. Soibelman, 1993.

c) **Picchi (1993):** Flavio Picchi en su tesis doctoral nos muestra unas **estimaciones de los desperdicios generados en proyectos de edificación** en Sao Paulo, donde podemos ver que existe un 30% del costo total de la obra compuestos por desperdicios, esto quiere decir que si tuviéramos por ejemplo un proyecto de cuatro torres similares de departamentos, la cuarta de ellas la podríamos construir con el valor de los desperdicios de las otras tres.

ESTIMACION DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACION (% del costo total de obra)		
ITEM	DESCRIPCIÓN	%
Desmonte	De mortero	5
	De ladrillo	
	Limpieza	
	Transporte	
	Eliminación	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos.	5
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2
	Mortero	
Reparaciones y/o retrabajos no computados en el resto de materiales	Repintado	2
	Retoques	
	Corrección de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6
	Estructuras	
	Instalaciones eléctricas	
	Instalaciones sanitarias	
Problemas de calidad que generan pérdidas de productividad	Parada de operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores.	3.5
Costos por atrasos	Costos adicionales por atrasos en las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas.	1.5
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas Después de la entrega de la obra	5.0
<b>TOTAL</b>		<b>30.0</b>

**Tabla 4:** Estimación de desperdicio en obras de edificación, Sao Paulo-Brasil. Picchi, 1993.

De esta manera, se podrían incluir muchas otras investigaciones realizadas alrededor del mundo, donde la conclusión general es la misma: existe un índice de desperdicio latente y excesivo en las obras de edificación. Esto más que nada debido a la fuerte dispersión de los datos que se recaba en los estudios realizados.

Un problema que notaron los encargados de realizar estos estudios es que, luego de demostrar que efectivamente existe una cantidad de desperdicio la cual se puede disminuir tomando acciones correctivas apropiadas, los encargados de las obras mostraron muy poca voluntad e interés por hacer algo al respecto.

## Justificación

La principal justificación para realizar este tipo de estudios es que los anteriormente realizados nos indican la existencia de una potencial mejora y, sobre todo, porque este tipo de estudios no se han hecho en nuestro país.

**¿Por qué monitorear?** En un estudio pasado, realizado por Formoso <sup>(2)</sup> se llegó a la conclusión de que uno de los principales problemas que fue notado durante las supervisiones fue el tipo de control usado por los encargados en obra. Ellos estuvieron más que nada preocupados en verificar (actuar luego de los hechos) antes de que **monitorear** (actuar durante los hechos). Howell y Ballard (1998) llamaron a esta actitud de concentrarse únicamente en los resultados de la producción como **"actividad del manejo de la construcción o práctica centrada en el contrato"**. Esto explica hasta cierto punto porqué el esfuerzo en la toma de datos no siempre resulta en un mejoramiento continuo.

**¿Por qué monitorear materiales?** En estudios previos <sup>(6)</sup> se ha concluido que el porcentaje de incidencia de los materiales es de **30%** aproximadamente considerando la edificación desde su concepción misma.

Considerando únicamente el porcentaje de incidencia de los materiales, se considera entre el 22 y 24% del costo total de la obra <sup>(5)</sup>. Dada la alta incidencia de este recurso, es de vital importancia monitorear **materiales**.

Finalmente, la gestión de desperdicios es de suma importancia ya que el beneficio que de esta se deriva se traduce en un ahorro económico.

## Gestión de Desperdicios de las Unidades de Albañilería en una Edificación Limeña

En el 2008, el Arq. Jaime Cornejo, quien ha realizado diversos estudios referentes al Análisis y Gestión de Desperdicios, efectuó la investigación que se presenta a continuación. Esta investigación se centra más que nada en la Gestión de Desperdicios de las unidades de albañilería (Ladrillos King Kong de 18 huecos). Sin embargo, en el presente artículo sólo se mostrará el análisis de las pérdidas materiales.

La metodología usada fue la siguiente:



**Fig. 1.** Metodología seguida en la gestión de desperdicios. Comejo, 2008.

Para la base teórica, se deben tener en cuenta dos puntos fundamentales. El primero de ellos es la investigación de conceptos y la clasificación tanto de materiales como de desperdicios a analizar. El segundo punto, el cual puede ser llevado en paralelo, es la investigación de estudios referidos al tema en cuestión, así como medidas que se hayan tomado anteriormente para solucionar problemas similares.

En lo que a mediciones, implementación y control se refiere, se procede de la siguiente manera:

- **Identificación:** Una vez decidido el material a monitorear, se debe encontrar el tipo de desperdicio que predomina en dicho material. Para esto, se puede recurrir a la **Tabla 1**. Una herramienta de gran utilidad es el diagrama de Ishikawa (diagrama de causa-efecto), para conocer las causas del tipo de desperdicio a estudiar.
- **Medición:** Mediante la implementación de un *sistema* que empieza con el uso de formatos adecuados, se procede a realizar las mediciones pertinentes. Cabe recalcar que el hecho de que estos sean adecuados o no radica en la calidad de los índices que de estos se puedan extraer. Tal y como lo proponen Formoso, Issato e Hirota, los principales criterios para escoger estos formatos de medición deben ser la **simplicidad** y la **transparencia** <sup>(2)</sup>. En esta etapa, pueden participar los jefes de cuadrilla, siempre y cuando hayan sido capacitados para llenar dichos formatos.
- **Evaluación:** Las mediciones son compiladas para luego ser analizadas. Esto a cargo del especialista o asesores que este designe.
- **Intervención:** Se toman las medidas necesarias para poder disminuir el desperdicio del material analizado. Es de vital importancia mejorar la tecnología en obra, entendiéndose por tecnología al conjunto de técnicas, procedimientos y procesos que permiten desarrollar una actividad.
- **Control:** Es un proceso preventivo que se realiza luego de realizada la mejora tecnológica el cual nos permite garantizar que, efectivamente, se ha alcanzado el objetivo impuesto desde un inicio, es decir, la disminución del desperdicio del material y/o la actividad bajo estudio.

Finalmente, lo que se busca con la consolidación de la información es demostrar que, efectivamente, se ha producido una mejora. Esto se comprueba al demostrar que ha disminuido el desperdicio analizado y se ha conseguido un aumento de la productividad. Cabe mencionar que en esta etapa se debe además implementar la difusión del conocimiento adquirido, algo que en nuestra realidad es dejado de lado.

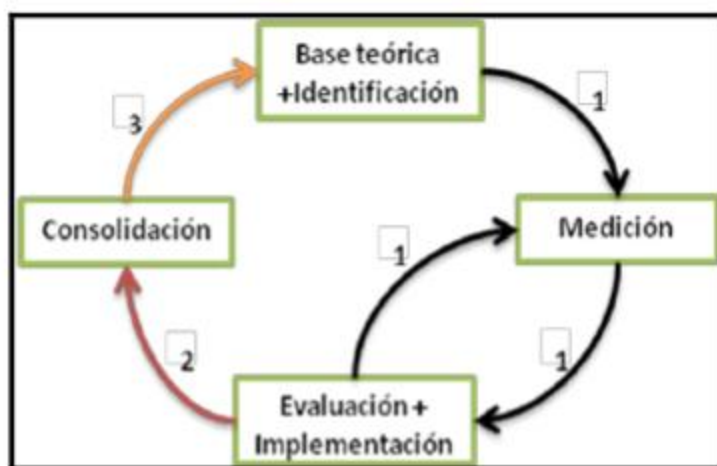


Fig. 2. Círculo virtuoso que relaciona las fases de la metodología usada. Comejo, 2008.

El número al lado de las líneas indica el orden en el que el círculo virtuoso funciona. Es decir, hasta no conseguir que la

evaluación e implementación sean las adecuadas, no se puede proseguir a la consolidación. Luego de un tiempo, cuando, por ejemplo, es posible mejorar la tecnología existente para optimizar un proceso, el círculo virtuoso se cierra nuevamente y llega a la etapa de base teórica.

La gestión de desperdicios que se utilizó en la edificación a la que se hará mención a continuación abarcó en realidad varios materiales y procesos. En el presente artículo sólo se mostrará la gestión realizada para las unidades de albañilería.

### Base Teórica

De todo el marco teórico y antecedentes mostrados en el presente, habría que hacer un énfasis especial al estudio realizado por Skoyles (**tabla 2**), donde se aprecia la gran variabilidad que existe en lo que a porcentaje de desperdicio se refiere para las unidades de albañilería. Un máximo de 20% y un promedio de 8% para un total de 68 edificaciones analizadas, muestran un desperdicio superior al 4% teórico. Por lo tanto, es conveniente realizar una gestión de desperdicios.



Foto 1. Desperdicio generado en obra, antes de tomar las medidas pertinentes (5).

### Mediciones, Implementación y Control

- a) **Identificación:** Para comprender mejor qué es lo que en realidad sucedía y poder luego tomar las medidas pertinentes para minimizar el desperdicio, se realizó el Diagrama de Ishikawa. Esto se realizó luego de deducir los principales desperdicios que afectan al ladrillo.

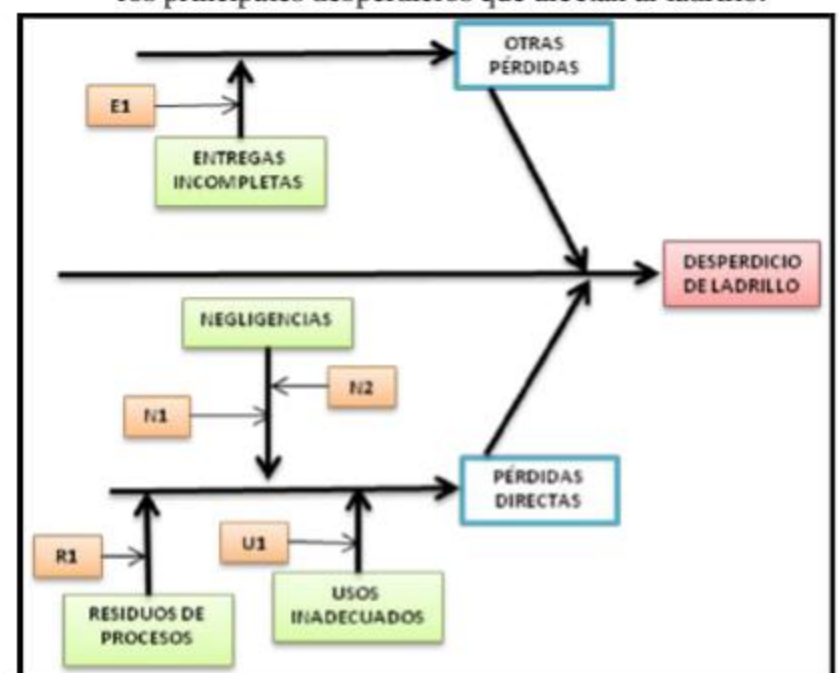


Fig. 3. Diagrama de Ishikawa – Desperdicio de Ladrillo. Comejo, 2008.

En donde las causas menores son:

- E1: Control deficiente en la recepción de materiales.
- N1: Abandono del material en el traslado de un piso a otro.
- N2: Rotura de ladrillos durante el transporte.
- R1: Corte de ladrillos para lograr la modulación adecuada.
- U1: Utilización de ladrillos como asientos, soportes, tacos, etc.

En este diagrama, podemos observar las principales causas menores (de color naranja) debido a las cuales ocurren cada uno de los desperdicios tratados; las cuales son obtenidas mediante la observación, deducción y análisis del proceso tradicional llevado a cabo en obra. Son estas en las que el estudio se debe enfocar a solucionar para de esta manera, conseguir minimizar el efecto principal, es decir, el desperdicio de ladrillo.

Es así como se decidió finalmente analizar el desperdicio del ladrillo debido al corte, ya que este se encuentra incluido en cierto modo en la mayoría de causas menores.

- b) **Medición:** Mediante la creación de un formato adecuado, en el cual el análisis se realizó por hiladas, se consiguió medir el desperdicio de unidades de ladrillo por corte generado por muro. Luego de evaluar un mayor número de muros, se procedió a la siguiente etapa: evaluación.
- c) **Evaluación:** Luego de compilar la información obtenida mediante el sistema anteriormente mencionado, se obtuvo el siguiente resultado:

CUADRO CONSOLIDADO DE DATOS	
Ladrillos enteros colocados	295.00
Ladrillos partidos colocados	44.33
Ladrillos partidos consumidos	75.17
Ladrillos sobrantes	3.50
<b>TOTAL Ladrillos consumidos (Unid)</b>	<b>366.67</b>
<b>TOTAL Ladrillos colocados</b>	<b>339.33</b>
<b>Desperdicio (%)</b>	<b>8.06%</b>
Ladrillos consumidos/m <sup>2</sup>	39.08
Ladrillos colocados/m <sup>2</sup>	36.16

**Tabla 5.** Cuadro consolidado de datos - desperdicio de unidades de ladrillo por corte. Cornejo, 2008.

Este cuadro es en sí un resumen del desperdicio por corte de todos los muros analizados en el paso anterior. Tal y como se esperaba, dado que al iniciar la investigación se tomó como referencia el estudio de Skoyles, se presenta un desperdicio en cantidad de **8.06%**; el cual cabe mencionar es similar al valor promedio presentado en dicho estudio (**Tabla 2**).

- d) **Intervención:** Dado que el desperdicio analizado tiene como principal causa el defectuoso corte del ladrillo, se buscó una mejora tecnológica tal que permite realizar dicha actividad de manera más eficiente y productiva. Es así como se adaptó una máquina para cortar bloquetas de

concreto, la cual fue capaz de producir un menor número de ladrillos cortados de manera defectuosa.



**Foto 2.** Máquina para cortar ladrillos (5).



**Foto 3.** Ladrillos cortados con la máquina (5).

- e) **Control:** Luego de implementar la nueva tecnología propuesta, se procedió a nuevamente realizar las mediciones haciendo uso del mismo sistema que en la etapa **medición**. Es recomendable usar el mismo sistema ya que de esta manera se pueden comparar los resultados obtenidos.

DESCRIPCION DEL MURO (26/06/08)	
Area (m <sup>2</sup> )	1.54
Ladrillos enteros colocados	55.00
Ladrillos partidos colocados	2.67
Ladrillos partidos consumidos	3.00
Ladrillos sobrantes	0.00
<b>TOTAL Ladrillos consumidos (Und)</b>	<b>58.00</b>
<b>TOTAL Ladrillos colocados</b>	<b>57.67</b>
<b>Desperdicio (%)</b>	<b>0.58%</b>
Ladrillos consumidos/m <sup>2</sup>	37.57
Ladrillos colocados/m <sup>2</sup>	37.35

**Tabla 6.** Resumen de investigación - desperdicio de unidades de ladrillo por corte. Cornejo, 2008.

Como se puede apreciar en la **Tabla 7**, el desperdicio luego de aplicar la mejora tecnológica disminuyó drásticamente. Para el muro analizado en este ejemplo, el desperdicio disminuyó en aproximadamente un **7%**; comparándolo con el desperdicio promedio de la **Tabla 6**.

### Consolidación de la Información

Teniendo en cuenta que el consumo presupuestado en lo que a ladrillo King Kong de 18 huecos se refiere es de 39 unidades por metro cuadrado, se presenta la siguiente gráfica que muestra el consumo promedio semanal.





Fig. 4. Gráfica del Consumo (und/m<sup>2</sup>) respecto al tiempo (semanas). Comejo, 2008.

Se aprecia en esta gráfica como es que disminuye el consumo conforme se van adaptando los operarios a la nueva tecnología siendo el consumo final, en la última semana de medición, de 31.28 unidades por metro cuadrado. Existe en realidad una leve distorsión en el último punto, ya que entraron a tallar mediciones de muros con aparejo de canto, cuando en los otros el aparejo era netamente de sogá.

Cabe comentar además que mediante la optimización anteriormente expuesta, los tiempos de los operarios se vieron afectados como se muestra:

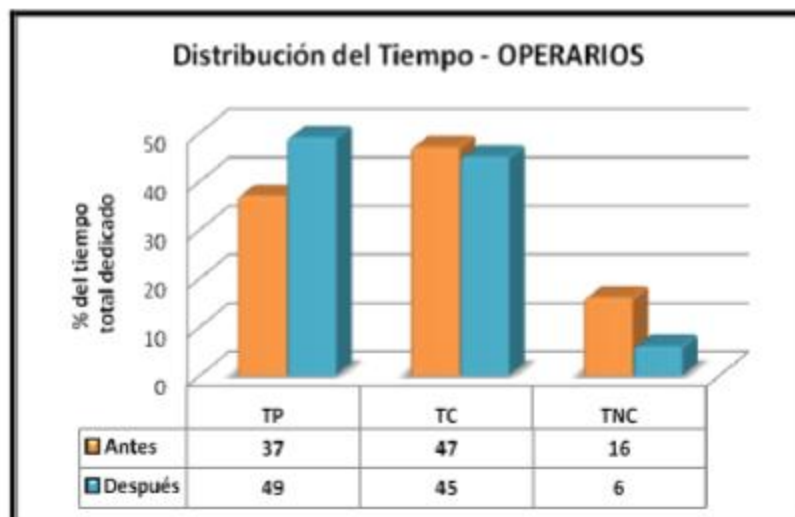


Fig. 5. Distribución del tiempo para operarios. Comejo, 2008.

Similarmente, los tiempos de los ayudantes variaron de la manera siguiente:

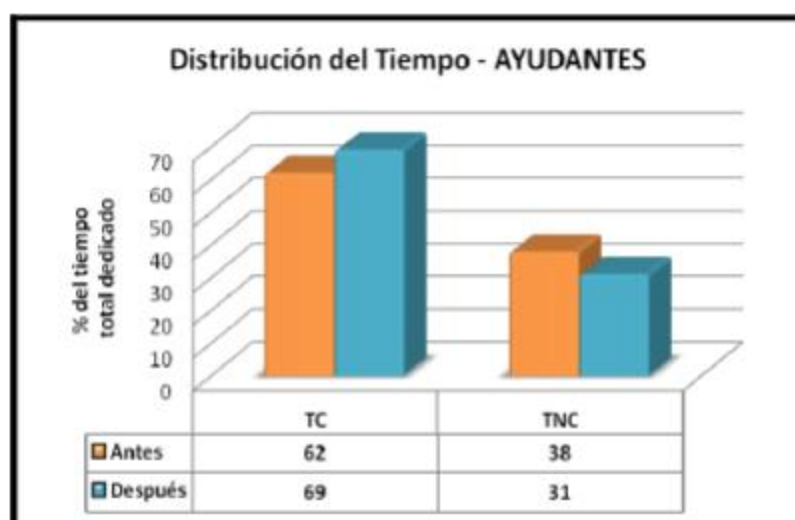


Fig. 6. Distribución del tiempo para ayudantes. Comejo, 2008.

En ambos casos, se aprecia una evidente mejora.

## Conclusiones

- La importancia de la Gestión de Desperdicios radica en lo representativo que es el desperdicio propiamente dicho en la industria de la construcción. Por esto, para conseguir un aumento de la productividad, se debe de realizar una adecuada y minuciosa Gestión de Desperdicios.
- Además, cabe indicar que mientras menor sea el desperdicio presente en una obra, menor será el trabajo y tiempo invertido por los operarios en eliminar el desmonte generado.
- Una nueva tecnología no implica necesariamente una gran inversión. Se debe buscar además que esta alivie el trabajo de los distintos involucrados en la obra.
- Mediante la Gestión de Desperdicios se consigue optimizar el uso de los recursos que participan en la construcción, lo cual finalmente se traduce en un evidente ahorro económico.
- Mediante la Gestión de Desperdicios se consigue además minimizar el impacto ambiental que ocasiona toda construcción, ya que la cantidad de desmonte eliminada disminuye.
- Queda pendiente en la industria de la construcción peruana realizar estudios referentes a la Gestión de Desperdicios para distintos materiales y actividades involucradas; teniendo siempre presente la difusión del conocimiento adquirido en estos estudios.

## Referencias

- (2) "Method for Waste Control in the Building Industry". Formoso, Issato, Hirota. Berkeley, California, Estados Unidos. 1999.
- (3) "Perdas de Materiais Na Construção de Edificações: Estudo em Canteiros de Obras no Estado do Rio Grande do Sul". Formoso, Jobim, Costa, Rosa. Sao Paulo, Brasil. 1998.
- (4) "Metodología para A Coleta E Análise De Informações Sobre Consumos E Perdas De Materiais E Componentes Nos Canteiros De Obras De Edifícios". Paliari, de Souza. Sao Paulo, Brasil. 1999.
- (5) Gestión de Desperdicios. Comejo, Jaime. Lima, Perú. 2008.
- (6) "Semana de Inducción Nº12". Wu, 2007.

Lima, Julio 2009

# Diagnostico al Problema de las Viviendas Autoconstruidas del distrito de San Juan de Lurigancho – Zona Oeste

Ever Muñiz Huanco<sup>1</sup>

**Sinopsis:** Este artículo es el resultado de una investigación que se viene realizando en algunos distritos ubicados en los Conos de Lima tales como Comas, San Juan de Lurigancho y Ate Vitarte, en tales distritos se evalúa los problemas con los que cuentan las viviendas autoconstruidas (sin asistencia de un Ing. Civil o Arquitecto) tales como: problemas de cimentación, inadecuado uso de los materiales de construcción, falta de confort y la inaccesibilidad a las viviendas. En base a este estudio se logro seleccionar 6 viviendas a evaluar, de un total de 26 viviendas estudiadas y analizadas mediante encuestas.

**Palabras Clave:** Evaluación, vivienda, autoconstrucción.

**Abstract:** This Article is the result of an investigation being done about Non-Engineered Constructed homes (without the assistance of a Civil Engineer or Architect) in some districts of Lima; such as Comas, San Juan de Lurigancho and Ate Vitarte. In these districts, problems they present concerning to the foundation, inappropriate use of construction materials, lack of comfort and access, among others are evaluated. Based on this investigation, 6 homes were finally chosen from a total of 26 studied and analyzed through surveys.

**Key Words:** Evaluation, House, Non Engineered Construction.

## Introducción

La población de la ciudad de Lima crece de manera significativa y es así que los diferentes conos están siendo poblados de manera masiva, inclusive se puede observar viviendas construidas en las laderas de los cerros, sumado a ello los pocos recursos con que cuentan las familias de estas zonas, han generado que las viviendas en estas zonas tengan múltiples problemas, debido a la falta de asistencia técnica, muchas veces también por el mal uso de los materiales y entre otras, es así que encontramos problemas de cimentación, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, problemas de diseño, etc.

Las causa de esta realidad que se observa en las viviendas de hoy, motivó el estudio de estas viviendas a fin dar alternativas de mejoramiento y también dar a conocer a los miles de propietarios, que las viviendas deben estar regidos a las normas de construcción para que este puedan contar con un adecuado diseño, que sepan que materiales usar y cuales no, que pudieran conocer la importancia de los cimientos de una vivienda, el adecuado refuerzo que debe de tener, para que este tenga un tiempo de vida aceptable y que pueda estar preparado para soportar cualquier fenómeno natural que pudiera presentarse con el pasar de los años.

Los profesionales de hoy tenemos la tarea de mejorar el nivel de vida de nuestra población y una de ellas es dando a conocer la importancia de tener una vivienda confortable sin que este tenga problemas durante su larga vida, construida respetando las normas de construcción y con el adecuado uso de los materiales, el cual garantiza la calidad de las viviendas.

## Objetivo

- Lograr obtener las características principales de las viviendas autoconstruidas e identificar las deficiencias de las viviendas que hacen que esta no cumpla con su función de ser una vivienda segura y confortable.
- Selección de las viviendas a evaluar, cuya selección se encuentra condicionada a que su construcción no tuvo la participación profesional (Ing. Civil o Arquitecto) y según la accesibilidad a las viviendas.

## Zona de estudio

Según el objetivo mostrado, se piensa cubrir los diferentes distritos ubicados en los conos de lima (Fig.1), de los cuales inicialmente son 3 los distritos que están siendo evaluados entre ellos, el distrito de Comas, San Juan de Lurigancho y Ate Vitarte.

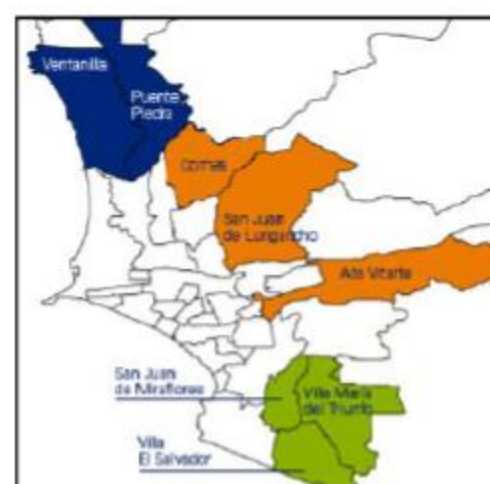


Fig. 1: Distritos ubicados en los diferentes conos de la ciudad de Lima

A continuación se presentan los primeros resultados del estudio de las viviendas ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, de la Zona Oeste



<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
E-mail: everunific@hotmail.com  
Miembro del IIFIC-UNI.  
Página web:  
<http://iific.blogspot.com>; <http://www.iific.edu.pe>

## Selección de las viviendas

Para poder seleccionar las viviendas a evaluar se realizó una encuesta a 25 viviendas con ayuda de una cartilla, como se muestra a continuación:

### Contenido de la Cartilla

La cartilla contiene las preguntas generales necesarias, que se creen son necesarias como para poder iniciar a identificar aquellas viviendas a evaluar.

Dirección: ... ..	
Construcción de vivienda	Diseño de la vivienda
Asistencia técnica	Arquitectura espontanea
Asistencia profesional	Albañil
Sin asistencia (Autoconstrucción)	Ing. Civil o Arquitecto
Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado	Su vivienda está construido de acuerdo a:
Solo agua potable	Su lugar de origen
Solo alcantarillado	Su situación económica
Ninguno	¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?
Ambos	Si
Infraestructura urbana y vías de transporte	No
Pistas sin afirmar y sin veredas	¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?
Pistas afirmadas y sin veredas	Si
Pistas asfaltadas con veredas	No
Tipo de cimentación	Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes
Zapatas	Si
Otros	No

### Descripción de los resultados de la encuesta

A continuación se muestra los resultados obtenidos mediante la encuesta de las 25 viviendas ubicadas en la zona Oeste del distrito de San Juan de Lurigancho.

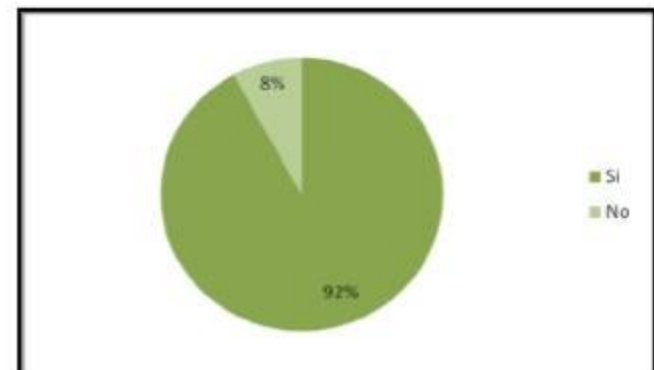
**Gráfico #1:** Resultado sobre el tipo de asistencia técnica que tuvieron las viviendas durante su construcción



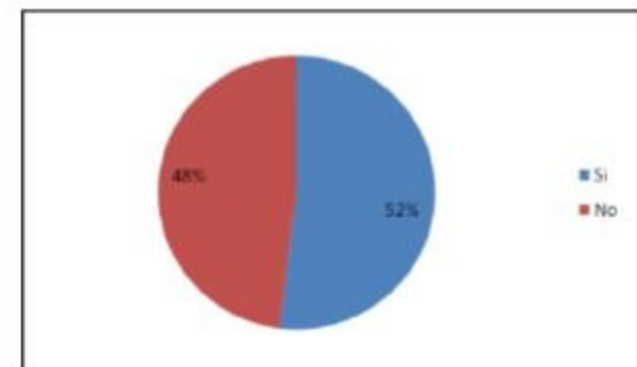
**Gráfico #2:** Tipo de cimentación utilizado en la construcción de las viviendas.



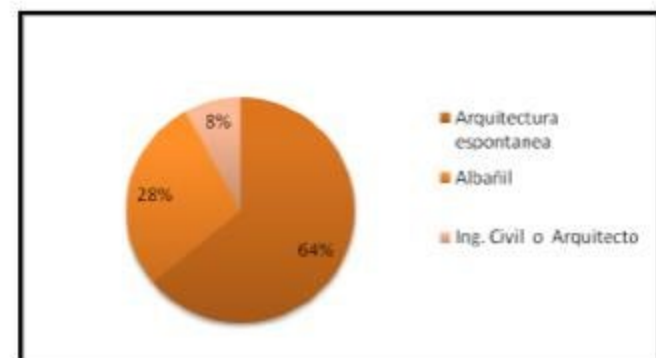
**Gráfico #3:** Resultado sobre si ¿Creen que su vivienda está preparada para soportar un sismo?



**Gráfico #4:** Resultado sobre si ¿Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes?



**Gráfico #5:** Resultado sobre el diseño de las viviendas



**Gráfico #6:** Resultado sobre si ¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud

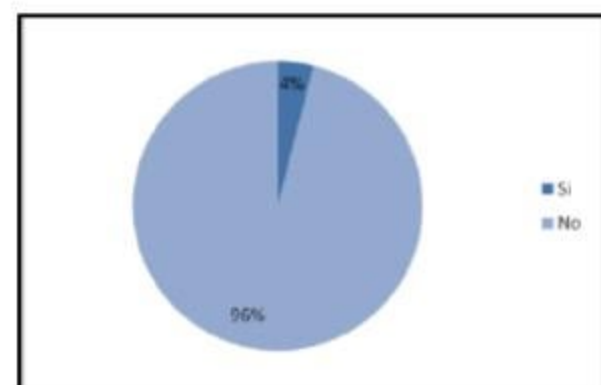
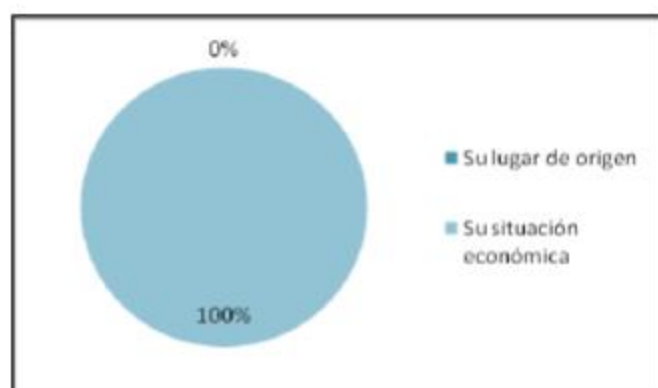


Gráfico #7: Resultado sobre el origen de las viviendas



A estos resultados se recalca que la mayor parte de los encuestados, consideran que sus viviendas están preparadas para soportar un sismo; además mencionan que durante la construcción de sus viviendas, estas fueron dándose de acuerdo a sus medios económico y que el diseño de no estaba proyectado como para ampliar sus viviendas, según se incrementen la cantidad de habitantes con el transcurrir de los años.

### Principales problemas encontrados en las viviendas seleccionadas

En las primeras visitas a las viviendas seleccionadas, se pudo observar que el mayor problema se da en la cimentación, debido a la presencia de sales, el cual con el pasar de los años ha ido dañando la parte inferior de las columnas (foto #1), esto nos lleva a creer que la cimentación también debe estar dañada, por lo que se requiere urgente investigar las condiciones en que se encuentran las cimentaciones de las viviendas ubicadas en el distrito de SJL.



Foto #1: Se observa la parte inferior de una de las columnas de las viviendas seleccionadas, donde el concreto ha sido dañado por acción de las sales y ello ha hecho que este llegue hasta el acero de refuerzo (Vivienda #4).

Otro de los problemas que se ha visto también en la mayoría de las viviendas, es el mal vaceado del concreto, esto debido a que muchas veces el refuerzo queda expuesto a la intemperie, generando la oxidación del acero, el cual a la vez hace que el acero pierda sus propiedades mecánicas, debemos saber que si el acero se encuentra oxidado y así encima le vaceamos el concreto, este seguirá oxidándose con el pasar de los años, por eso no se puede exponer el acero de refuerzo.



Foto #2: Se observa como el acero quedó expuesto a la intemperie (Vivienda #5)

También a ello debemos agregarle la falta de curado al concreto, luego de que este haya sido vaceado, es por ello que encontramos varias columnas con pequeñas grietas (Foto #3), ello hace que la resistencia del concreto disminuya.

Este problema se ve a diario en las viviendas recién construidas donde el maestro de obra, descuida esta parte importante del curado, según el ASTM nos menciona que el concreto adquiere su mayor resistencia a los 28 días (Concreto simple sin aditivos), por lo que este también debe ser la cantidad de días que requiere el concreto ser curado.



Foto #3: Se observa la columna agrietada por falta de curado, esto lo podemos ver por lo general en la parte más alta de las columnas, debido a que es en esta parte donde se pierde mayor agua, por el efecto de la gravedad.

Estas fotos que se mostraron son algunas de los problemas que se van encontrando, por lo que queda bastante por seguir investigando.

### RESULTADOS

Según los resultados de la encuesta a las 25 viviendas, se puede observar en las gráfica #1, que la mayoría de viviendas fueron construidas con la participación de un maestro de obra, también podemos observar en la gráfica #2 que todas las viviendas censadas llevan como cimientos zapatas, además debemos agregar que todas las viviendas tienen cimientos tipo zapatas. Existe un porcentaje pequeño de las viviendas cuyos dueños creen que su vivienda no está preparada para soportar un sismo (gráfica #3).

La mayoría de las viviendas se puede ver que sus ambientes no están diseñados según al número de integrantes, ello hace que las viviendas pierdan el confort que deben de poseer (gráfica #4). Esto

se explica porque en su mayoría el diseño fue hecho por el mismo propietario o el mismo maestro de obra (gráfica #5)

La mayoría de los propietarios mencionan que desconocen la existencia de materiales en perjuicio de su salud (gráfica #6). También se observó que las viviendas fueron construidas según la situación económica de los propietarios (gráfica #7).

### Viviendas Seleccionadas

Para poder realizar el estudio de viviendas se tuvo que seleccionar 6 viviendas, en esta oportunidad del distrito de San Juan de Lurigancho Zona Oeste. Todas las viviendas seleccionadas no tuvieron la participación de un profesional (Ing. civil).



*Vivienda #4: Ubicado en el AA.HH. Jesús Alberto Páez*



*Vivienda #1: Ubicado en AA.HH. Las Palmeras*



*Vivienda #5: Ubicado en el AA.HH. Jaime Zubieta*



*Vivienda #2: Ubicado en AA.HH. Jaime Zubieta*



*Vivienda #3: Ubicado en el AA.HH. Jesús Alberto Páez*



*Vivienda #6: Ubicado en AA.HH. Jaime Zubieta*

**ANEXO**

Banco de respuestas de las encuestas

**Vivienda #1:**



**Vivienda #2:**



<i>Dirección: Asoc. Las Palmeras</i>			
<b>Construcción de vivienda</b>		<b>Diseño de la vivienda</b>	
Asistencia técnica	X	Arquitectura espontanea	x
Asistencia profesional		Albañil	
Sin asistencia (Autoconstrucción)		Ing. Civil o Arquitecto	
<b>Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado</b>		<b>Su vivienda está construido de acuerdo a:</b>	
Solo agua potable		Su lugar de origen	
Solo alcantarillado		Su situación económica	x
Ninguno		<b>¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?</b>	
Ambos	X	Si	
<b>Infraestructura urbana y vías de transporte</b>		No	x
Pistas sin afirmar y sin veredas		<b>¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?</b>	
Pistas afirmadas y sin veredas		Si	x
Pistas asfaltadas con veredas		No	
<b>Tipo de cimentación</b>		<b>Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes</b>	
Zapatas	X	Si	
Otros		No	x

<i>Dirección: AA.HH. Jaime Zubieta</i>			
<b>Construcción de vivienda</b>		<b>Diseño de la vivienda</b>	
Asistencia técnica	X	Arquitectura espontanea	
Asistencia profesional		Albañil	
Sin asistencia (Autoconstrucción)		Ing. Civil o Arquitecto	x
<b>Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado</b>		<b>Su vivienda está construido de acuerdo a:</b>	
Solo agua potable		Su lugar de origen	
Solo alcantarillado		Su situación económica	x
Ninguno		<b>¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?</b>	
Ambos	X	Si	
<b>Infraestructura urbana y vías de transporte</b>		No	x
Pistas sin afirmar y sin veredas		<b>¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?</b>	
Pistas afirmadas y sin veredas		Si	x
Pistas asfaltadas con veredas		No	
<b>Tipo de cimentación</b>		<b>Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes</b>	
Zapatas	X	Si	x
otros		No	

**Vivienda #3:**



<i>Dirección: Urb. Jesús Alberto Páez</i>			
<i>Construcción de vivienda</i>		<i>Diseño de la vivienda</i>	
<i>Asistencia técnica</i>	X	<i>Arquitectura espontanea</i>	
<i>Asistencia profesional</i>		<i>Albañil</i>	X
<i>Sin asistencia (Autoconstrucción)</i>		<i>Ing. Civil o Arquitecto</i>	
<b><i>Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado</i></b>		<b><i>Su vivienda está construido de acuerdo a:</i></b>	
<i>Solo agua potable</i>		<i>Su lugar de origen</i>	
<i>Solo alcantarillado</i>		<i>Su situación económica</i>	X
<i>Ninguno</i>		<b><i>¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?</i></b>	
<i>Ambos</i>	X	<i>Sí</i>	
<b><i>Infraestructura urbana y vías de transporte</i></b>		<i>No</i>	X
<i>Pistas sin afirmar y sin veredas</i>		<b><i>¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?</i></b>	
<i>Pistas afirmadas y sin veredas</i>		<i>Sí</i>	X
<i>Pistas asfaltadas con veredas</i>		<i>No</i>	X
<b><i>Tipo de cimentación</i></b>		<b><i>Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes</i></b>	
<i>Zapatas</i>	X	<i>Sí</i>	X
<i>otros</i>		<i>No</i>	

**Vivienda #4:**



<i>Dirección: Urb. Jesús Alberto Páez</i>			
<i>Construcción de vivienda</i>		<i>Diseño de la vivienda</i>	
<i>Asistencia técnica</i>		<i>Arquitectura espontanea</i>	X
<i>Asistencia profesional</i>		<i>Albañil</i>	
<i>Sin asistencia (Autoconstrucción)</i>	X	<i>Ing. Civil o Arquitecto</i>	
<b><i>Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado</i></b>		<b><i>Su vivienda está construido de acuerdo a:</i></b>	
<i>Solo agua potable</i>		<i>Su lugar de origen</i>	
<i>Solo alcantarillado</i>		<i>Su situación económica</i>	X
<i>Ninguno</i>		<b><i>¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?</i></b>	
<i>Ambos</i>	X	<i>Sí</i>	
<b><i>Infraestructura urbana y vías de transporte</i></b>		<i>No</i>	X
<i>Pistas sin afirmar y sin veredas</i>		<b><i>¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?</i></b>	
<i>Pistas afirmadas y sin veredas</i>		<i>Sí</i>	
<i>Pistas asfaltadas con veredas</i>		<i>No</i>	X
<b><i>Tipo de cimentación</i></b>		<b><i>Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes</i></b>	
<i>Zapatas</i>	X	<i>Sí</i>	
<i>otros</i>		<i>No</i>	X

**Vivienda #5:**



<i>Dirección: AA.HH. Jaime Zubieta</i>			
<i>Construcción de vivienda</i>		<i>Diseño de la vivienda</i>	
<i>Asistencia técnica</i>	X	<i>Arquitectura espontanea</i>	X
<i>Asistencia profesional</i>		<i>Albañil</i>	
<i>Sin asistencia (Autoconstrucción)</i>		<i>Ing. Civil o Arquitecto</i>	
<b><i>Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado</i></b>		<b><i>Su vivienda está construido de acuerdo a:</i></b>	
<i>Solo agua potable</i>		<i>Su lugar de origen</i>	
<i>Solo alcantarillado</i>		<i>Su situación económica</i>	X
<i>Ninguno</i>		<b><i>¿Conoce la influencia de materiales de</i></b>	

		<i>construcción en perjuicio de su salud?</i>	
Ambos	X	Si	
Infraestructura urbana y vías de transporte		No	X
Pistas sin afirmar y sin veredas		<i>¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?</i>	
Pistas afirmadas y sin veredas		Si	X
Pistas asfaltadas con veredas	X	No	
Tipo de cimentación		<i>Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes</i>	
Zapatos	X	Si	
Otros		No	X

### Vivienda #6:



Dirección: AA.HH. Jaime Zubieta

<i>Construcción de vivienda</i>		<i>Diseño de la vivienda</i>	
Asistencia técnica	X	Arquitectura espontanea	X
Asistencia profesional		Albañil	
Sin asistencia (Autoconstrucción)		Ing. Civil o Arquitecto	
Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado		<i>Su vivienda está construido de acuerdo a:</i>	
Solo agua potable		Su lugar de origen	
Solo alcantarillado		Su situación económica	X
Ninguna		<i>¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?</i>	
Ambos	X	Si	
Infraestructura urbana y vías de transporte		No	X
Pistas sin afirmar y sin veredas		<i>¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?</i>	
Pistas afirmadas y sin veredas		Si	X
Pistas asfaltadas con veredas	X	No	
Tipo de cimentación		<i>Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes</i>	
Zapatos	X	Si	
Otros		No	X

### Vivienda #7:



Dirección: AA.HH. Eduardo de la Pinela

<i>Construcción de vivienda</i>		<i>Diseño de la vivienda</i>	
Asistencia técnica	X	Arquitectura espontanea	
Asistencia profesional		Albañil	X
Sin asistencia (Autoconstrucción)		Ing. Civil o Arquitecto	
Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado		<i>Su vivienda está construido de acuerdo a:</i>	
Solo agua potable		Su lugar de origen	
Solo alcantarillado		Su situación económica	X
Ninguna		<i>¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?</i>	
Ambos	X	Si	
Infraestructura urbana y vías de transporte		No	X
Pistas sin afirmar y sin veredas		<i>¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?</i>	
Pistas afirmadas y sin veredas		Si	X
Pistas asfaltadas con veredas	X	No	
Tipo de cimentación		<i>Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes</i>	
Zapatos	X	Si	
Otros		No	X

### Vivienda #8:





Dirección: AA.HH. Villa Mercedes			
Construcción de vivienda		Diseño de la vivienda	
Asistencia técnica	X	Arquitectura espontanea	
Asistencia profesional		Albañil	X
Sin asistencia (Autoconstrucción)		Ing. Civil o Arquitecto	
Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado		Su vivienda está construido de acuerdo a:	
Solo agua potable		Su lugar de origen	
Solo alcantarillado		Su situación económica	X
Ninguno		¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?	
Ambos	X	Si	
Infraestructura urbana y vías de transporte		No	X
Pistas sin afirmar y sin veredas		¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?	
Pistas afirmadas y sin veredas	X	Si	X
Pistas asfaltadas con veredas		No	
Tipo de cimentación		Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes	
Zapatas	X	Si	X
Otros		No	

Vivienda #9:



Dirección: AA.HH. Villa Huanta			
Construcción de vivienda		Diseño de la vivienda	
Asistencia técnica	X	Arquitectura espontanea	X
Asistencia profesional		Albañil	
Sin asistencia (Autoconstrucción)		Ing. Civil o Arquitecto	
Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado		Su vivienda está construido de acuerdo a:	
Solo agua potable		Su lugar de origen	
Solo alcantarillado		Su situación económica	X
Ninguno		¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?	
Ambos	X	Si	
Infraestructura urbana y vías de transporte		No	X
Pistas sin afirmar y sin veredas		¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?	
Pistas afirmadas y sin veredas	X	Si	X
Pistas asfaltadas con veredas		No	
Tipo de cimentación		Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes	
Zapatas	X	Si	X
Otros		No	

Ninguno		¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?	
Ambos	X	Si	
Infraestructura urbana y vías de transporte		No	X
Pistas sin afirmar y sin veredas		¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?	
Pistas afirmadas y sin veredas	X	Si	X
Pistas asfaltadas con veredas		No	
Tipo de cimentación		Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes	
Zapatas	X	Si	X
Otros		No	

Vivienda #10:



Dirección: Urb. Canto Grande			
Construcción de vivienda		Diseño de la vivienda	
Asistencia técnica	X	Arquitectura espontanea	X
Asistencia profesional		Albañil	
Sin asistencia (Autoconstrucción)		Ing. Civil o Arquitecto	
Infraestructura de saneamiento de agua potable y alcantarillado		Su vivienda está construido de acuerdo a:	
Solo agua potable		Su lugar de origen	
Solo alcantarillado		Su situación económica	X
Ninguno		¿Conoce la influencia de materiales de construcción en perjuicio de su salud?	
Ambos	X	Si	
Infraestructura urbana y vías de transporte		No	X
Pistas sin afirmar y sin veredas		¿Cree que su vivienda está preparada para soportar un sismo?	
Pistas afirmadas y sin veredas	X	Si	X
Pistas asfaltadas con veredas		No	
Tipo de cimentación		Están ordenados los ambientes de acuerdo a sus actividades y al número de integrantes	
Zapatas	X	Si	X
Otros		No	

Lima, Julio 2009

## **a) CONVENIOS**

El IIFIC, entre sus distintas labores, fomenta la investigación de distintas maneras. Es así como, en estos dos últimos años, se han ido desarrollado distintos convenios con reconocidas empresas de nuestro medio. Lo que se busca con estos es desarrollar tesis de investigación con las cuales se favorezcan la investigación aplicada a nivel de Empresa y Universidad, mediante el aprovechamiento de la experiencia profesional y una preparación académica; una mezcla dosificada de la práctica con la teoría.

La dinámica de los convenios es la siguiente: la Empresa propone temas genéricos, los cuales son tienen aplicación práctica en las actividades propias de ella. Luego, los interesados (estudiantes de décimo ciclo y/o egresados de la UNI FIC) enfocan sus propuestas, con asesoría del Dr. Teófilo Vargas, para un mejor desarrollo de las mismas. Estas propuestas son evaluadas en un comité de especialistas de la Empresa, quienes seleccionan los temas de su interés así como el perfil del futuro integrante del convenio. Luego de ser seleccionadas las mejores propuestas, los estudiantes ingresan como practicantes en un proyecto adecuado a los objetivos de la tesis, desarrollando su investigación. Al final de los seis meses, los miembros del convenio expondrán la tesis ante un comité de especialistas de la empresa, realizándose la evaluación final de su proyecto, y difundándose en la red interna de la compañía.

A continuación, se muestra de manera breve cómo se originaron, y en qué consiste cada uno de ellos.

### **a.1) CONVENIO UNI-GyM**

Graña y Montero es una de las empresas líderes en construcción a nivel nacional. Inició sus actividades en 1933, lo cual la hace la empresa constructora más antigua del país. Han desarrollado, a lo largo de toda su historia, varios proyectos en todos los sectores de la ingeniería: infraestructura, energía, edificaciones, minería, petróleo, industria, saneamiento, etc.



Fue precisamente GyM la empresa que inició las relaciones para la cooperación de desarrollo de investigaciones con la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, en el año 2008, con el apoyo del Dr. Teófilo Vargas, el Dr. Víctor Sánchez, el Dr. Jorge Alva de parte de la UNI, y el Ing. Luis Díaz, el Ing. José Ascarza, el Ing. Maykol Ñahuis, el Ing. Delmar Arohuanca, el Ing. José Solís y el Ing. Edward Santa María de parte de GyM. Además existió un apoyo muy decisivo de dos jóvenes egresados de la UNI FIC y miembros del IIFIC, Alex Liviác y Alan Marroquín.

El año 2008 GyM a través de sus gerentes de proyecto propuso temas de investigación a desarrollar. El primer grupo de tesis de este convenio estuvo conformado por Alex Liviác, Alan Marroquín, Miguel Villanueva, Alfonso Cerna, Luis Raygada, Marco Yalle, Guillermo Arellano, Enrique Mendoza y Juan Zurita trabajando en distintas obras de GyM.

Luego de las sucesivas sustentaciones de las investigaciones, el resultado final fue muy bien recibido por la directiva de GyM, lo cual trajo como consecuencia que se acepte un segundo grupo en el presente año.

Actualmente, son 8 los tesis de este nuevo grupo; 7 de la carrera de Ingeniería Civil: Walter Meléndez, Alfredo Vila, Jonathan Soto, Marco Ríos, Ronal Torres, Javier Navarro y César Tengan y uno de la carrera de Ingeniería Mecánica: Richard Castillo. Habiendo culminado los dos primeros meses del convenio y luego de haber realizado su primera sustentación, continúan desarrollando su tesis de investigación en obras de GyM.

## **a.2) CONVENIO UNI-CONCAR**



CONCAR es una empresa del Grupo Graña y Montero. Orientada al rubro de las concesiones, se dedica principalmente al mantenimiento de carreteras y administración de redes viales. Entre sus principales proyectos se encuentran:

- Contrato de operación y mantenimiento de la Red Vial 5: carretera Ancón-Pativilca (182.66 Km). Año 2,003.
- Contrato de operación y mantenimiento de IIRSA Norte: carretera Paita-Yurimaguas (955.1 Km). Año 2,006.
- Contrato de operación y mantenimiento de Tramo 1 IIRSA Sur: carretera San Juan de Marcona –Urcos (757.62 Km). Año 2,007.
- Proyecto de Conservación Vial por Niveles de Servicio del Tramo: Puente Camiara-Tacna-La Concordia, Tacna-Tarata, Tacna-Palca e Ilo-Tacna (399.51 Km). Año 2,007

Este convenio se firmó de manera casi simultánea al de GyM, siendo Martín Choque el designado para iniciar su tesis en estabilizadores de afirmado y supresores de polvo.

Actualmente, se ha realizado una nueva convocatoria para un nuevo grupo de estudiantes, gracias a la colaboración de Marco Ríos (IIFIC-UNI), el Ing. Walter Obando (Gerente de Operaciones de Concar), el Dr. Vargas y profesores de curso de Caminos de la FIC.

Los temas propuestos son:

1. Materiales de última generación usados en mantenimiento periódico de vías según tipo de problema que se presentan: Actualmente existen novedosos materiales que ofrecen una mejor performance para la conservación de las vías asfaltadas y no asfaltadas. Todos ellos en función de las condiciones climáticas, de altitud donde estén ubicado las vías.
2. Señalización y seguridad vial en zonas de trabajo que dependen de las condiciones geométricas, topográficas, en que se operen: La seguridad vial en zonas donde se realicen las operaciones para evitar accidentes tanto entre los trabajadores como los habitantes de la zona. Para ello proponer tipo de

- señalización y sistemas de alerta a fin de proponer estándares de seguridad según sea la zona de trabajo.
3. Gestión de pavimentos para conservar el nivel de serviciabilidad de las vías desde el inicio de la construcción y durante su ciclo de vida: La gestión de pavimentos tiene la finalidad de prever los trabajos necesarios a desarrollar para mantener las vías pavimentadas en servicio a lo largo de su período de vida.
  4. Señalización con sensores luminosos alimentados con celdas solares en zonas de poca visibilidad (curvas cerradas, cambios bruscos de pendientes, etc.): Una propuesta novedosa para la señalización vial en zonas donde por la poca visibilidad se presente un gran potencial de accidentes por choque. Mediante un sensor luminoso (tipo señal óptica del mouse) se alerte al vehículo contrario la presencia de otro. En otros países existen sistemas similares a estos que funcionan con baterías alimentadas mediante celdas solares.

Los interesados en este convenio, enviar sus propuestas a: [mrios@gym.com.pe](mailto:mrios@gym.com.pe); [esantamariad@gmail.com](mailto:esantamariad@gmail.com) ; [teofilovs@gmail.com](mailto:teofilovs@gmail.com)

### **a.3) CONVENIO UNI-SIKA**

SIKA Perú S.A (fundada en 1994) es una filial de Sika AG (firma internacional suiza fundada en 1910). En nuestro país, es una de las empresas líderes en lo referente a la fabricación y comercialización de productos químicos para la construcción, así como sellantes y adhesivos químicos para la industria.

Este convenio se estuvo planteando desde mediados del 2008. Las gestiones estuvieron a cargo de Javier Navarro (IIFIC-UNI), y el Ing. Jhonny Rosas (jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Sika), con quien se llegó a concretar rápidamente el convenio, siendo firmado en abril del presente año. De manera similar, se convocó a profesores del curso de Tecnología de Concreto, quienes junto con el Dr. Vargas y el Ing. Rosas, concordaron temas de investigación.



La investigación en este caso se desarrollará principalmente en los laboratorios de Sika, existiendo la posibilidad de desarrollarla también en obras afines.

Los temas genéricos para desarrollar, son:

1. **Uso de aditivos en obras portuarias, tanto en construcciones nuevas (ampliaciones) como en reparación por corrosión:** Se usarían aditivos tal que permitan elaborar un concreto con buena performance bajo el agua (*concreto tremie a través de aditivos que modifiquen la reología del concreto*) y puedan inhibir el fenómeno de la corrosión. Aditivos a usar: ViscoCrete 1110, Ferrogard 901, Sikament 100SC.

Se cree conveniente, en caso sea posible, comparar tanto la situación real (en obra) como la situación teórica (en laboratorio).

Existe la posibilidad de realizar este estudio en obras como la del Muelle 3, Muelle Sur y Marcona.

2. **Modelación de losas superplanas:** Aplicación de aditivos para que este tipo de losas se desarrollen de la manera adecuada y cumplan con las especificaciones técnicas relacionadas a estas. Se debe de minimizar la contracción en estado endurecido.  
Aditivo a usar: Sika Control 40
3. **Aplicación del concreto de alta resistencia:** Mediante el uso de la Nanosílice, microsíllice y aditivos superplastificantes.  
Aditivos a usar: Sikastabilizer 100, ViscoCrete 1110, Sika Fume.  
Con una función similar a la microsíllice, la nanosílice aumenta la resistencia del concreto. Se podría realizar un análisis comparativo entre el uso de la microsíllice y el de la nanosílice.
4. **Uso de aditivos en elementos prefabricados:** Tal como viguetas, bloquetas de concreto, etc. Este tipo de productos usan relaciones a/c muy bajas.  
Aditivos a usar: Viscocrete 20HE.

Los interesados en este convenio, enviar sus propuestas a: [jnavarroh@gym.com.pe](mailto:jnavarroh@gym.com.pe); [esantamariad@gmail.com](mailto:esantamariad@gmail.com); [teofilovs@gmail.com](mailto:teofilovs@gmail.com)

#### **a.4) CONVENIOS EN GESTION.**

Cabe mencionar que se encuentran en tránsito convenios con otras empresas, los cuales se muestran a continuación.

##### ***Espacio Azul***

Dada la importancia que tiene la responsabilidad social en las empresas hoy en día, se ha creado una asociación sin fines de lucro que reúne a todas las empresas del grupo Graña y Montero que persigue dichos fines, llamada ***Espacio Azul***.

Actualmente, un grupo de cuatro estudiantes de la FIC, comandados por la Ing. Heddy Jiménez, se encuentra desarrollando trabajos de evaluación de viviendas construidas por autoconstrucción en los conos. Por lo tanto, Espacio Azul está considerando fuertemente la posibilidad de firmar un convenio, el cual actualmente está cerca de ser concretado.

##### ***ACEROS AREQUIPA***

Aceros Arequipa es una de las empresas líderes en la industria siderúrgica a nivel nacional, produciendo desde hace más de 40 años productos de acero de calidad internacional.

En conversaciones desde mediados del 2008, el objetivo planteado por el IIFIC es el mismo que en el convenio con GyM. Actualmente se encuentra en revisión de documentos para la firma.

Para mayor información, pueden acercarse a la oficina del IIFIC (segundo piso de la FIC-UNI, frente al Auditorio), o bien contactarse con:

[inst\\_investigacion\\_fic@speedy.com.pe](mailto:inst_investigacion_fic@speedy.com.pe); [esantamariad@gmail.com](mailto:esantamariad@gmail.com); [teofilovs@gmail.com](mailto:teofilovs@gmail.com);  
[maildjavi@hotmail.com](mailto:maildjavi@hotmail.com)

## **b) ACTIVIDADES IIFIC**

Como se viene realizando desde ya el año pasado, el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI (IIFIC) organiza seminarios de investigación acerca de temas de actualidad y de interés profesional en el ámbito de la ingeniería civil. Este seminario es dictado por el Dr. Teófilo Vargas, quien cada sábado nos muestra lo interesante de las investigaciones tanto nacionales como internacionales.

Este mes se han tocado temas muy amplios; desde la Teoría de Juegos, utilizado para la resolución de problemas principalmente en construcción desde el punto de vista racional; pasando por las Vías Inteligentes, referido principalmente a la vía en Virginia; llegando hasta las Nanosílices y Epóxicos, y el uso del Análisis Factorial como medida de efectividad en los proyectos.

Se invita a todos los interesados en dicho seminario asistir los días sábados a partir de las 8:30 am en el salón IIFIC, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

### ***b.1) BECAS***

El pasado 07 de Marzo, el IIFIC-UNI inició un ciclo de charlas sobre oportunidades de becas de postgrado. La reconocida institución Fundación Ford, con participación de la Sra. Cecilia Israel La Rosa, dio apertura a ésta nueva iniciativa que se espera ayude a estudiantes, profesores y público en general, interesados en realizar estudios de especialización que complementen su formación académica.

Actualmente, la competencia del mercado laboral y la globalización exigen especialización y dominio de más de un idioma. Muchas instituciones brindan becas o financiamiento para poder lograr estas exigencias; es por esta razón que el IIFIC ve por conveniente invitar a embajadas, instituciones públicas, instituciones privadas y organismos becarios vinculados.

Conocidas ya a la fecha las funciones y beneficios de la Fundación Ford, OBEC, Comisión Fulbright, Embajada de Bélgica, Alianza Estratégica y Embajada de Japón, se está coordinando con más instituciones a fin de ampliar el panorama de oportunidades.

Sin perjudicar las charlas sobre Metodología de la Investigación dadas por el Dr. Teófilo Vargas, las charlas sobre becas se realizan quincenalmente en el horario de 10:30 am a 11:30 am, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil.

Para realizar sugerencias o consultas, escriban a: Ronal Torres ([rftorres@gym.com.pe](mailto:rftorres@gym.com.pe) , [rofreddy\\_8@hotmail.com](mailto:rofreddy_8@hotmail.com)); Alfredo Vila ( [avila@gym.com.pe](mailto:avila@gym.com.pe) , [vico.alfredo@gmail.com](mailto:vico.alfredo@gmail.com) )

• **FUNDACIÓN FORD**  
Programa Internacional de Becas de la Fundación Ford  
Región Andina y Cono Sur (CHILE Y PERU)



El Programa actualmente implementado en 22 países, tiene por objetivo ofrecer a mujeres y hombres, sin límite de edad, la oportunidad de alcanzar el grado de Maestría o Doctorado, seleccionándolos en base a su capacidad y proyección de liderazgo en sus respectivos campos, así como a su potencial académico y al compromiso para contribuir con el desarrollo de sus grupos de referencia y/o de sus comunidades de origen.

**Procedimientos para la Postulación en Chile y Perú**

El proceso de postulación en Chile y Perú parte con una primera fase de pre postulación on-line. Quienes resulten preseleccionados serán oportunamente notificados a través de esta página web para que llenen información complementaria , adjuntando la totalidad de los documentos requeridos para remitirlos a las entidades ejecutoras en cada país (FIB en Chile e IEP en Perú) en los plazos estipulados.

**¿Quiénes pueden postular?**

1. Mujeres y hombres que cuenten con un título universitario con el grado académico de licenciatura o bachiller y quieran optar a un grado de Maestría.
2. Ser ciudadano/a o residente legal de Chile o Perú.
3. Personas pertenecientes a grupos históricamente subrepresentados/as en la formación de postgrado.
4. Quienes tengan potencial académico, esto es, un rendimiento ascendente en los estudios de pregrado.
5. Quienes tengan potencial de liderazgo, ya sea académico, social y/o profesional.

**¿Quiénes no pueden postular?**

1. No se cursarán solicitudes de postulantes sin Maestría queriendo optar al Doctorado o de quienes, teniendo una Maestría, quieran cursar estudios conducentes al mismo grado.

**Cronograma de Postulación**

1. Período de Postulación: se inicia en el mes de noviembre y se extiende hasta marzo de cada año.
2. Anuncio de resultados: los resultados se publican anualmente en la web del Programa durante el mes julio/agosto y son comunicados individualmente a los postulantes via correo postal o e-mail, según su medio de postulación.
3. Inicio de estudios: marzo o septiembre del año siguiente al de su selección.

**Consultas al Instituto de Estudios Peruanos:**

Arnaldo Marquez 2277, Jesús María. Lima 11, Perú

Teléfono: (511) 202.6291

Fax (511) 463.3947

WebSite: [www.iep.org.pe](http://www.iep.org.pe)

E-mail: [bpostgrado@iep.org.pe](mailto:bpostgrado@iep.org.pe)

- **OBEC**

**Créditos Educativos:**

El Crédito Educativo es una fórmula probada donde convergen propósitos, esfuerzos y recursos para garantizar el acceso y permanencia en el Sistema de Educación Técnica y Superior, mediante préstamos personales, a quienes teniendo capacidad académica, no cuentan con los recursos económicos suficientes para estudiar.



**¿Qué gastos cubre?**

- Matrícula y/o Pensión de Estudios.
- Obtención del Grado de Bachiller, Título (Profesional o Técnico), y/o Colegiatura Profesional.
- Pasajes y Estadía para estudios en el extranjero.
- Maestrías, Doctorados y/o Otros estudios de Postgrado.
- Otros gastos para material, herramientas y equipos de estudio.

**¿Cuáles son las condiciones del Crédito Educativo?**

- El Crédito tiene una Tasa de Interés del 12.5% efectiva anual, equivalente a 0.98 % mensual.
- El Plazo de Pago es de 12,18,24,36 o 48 meses, dependiendo del monto aprobado.
- El Crédito esta sujeto a un descuento del 2% del monto otorgado que será destinado al Fondo de Desgravámen, para cubrir los saldos de la deuda en caso de fallecimiento, invalidez física o mental y enfermedad terminal del Beneficiario o Responsable de Pago.
- Presentar Recibo de Pago de Carpeta de Crédito.

**¿Cuáles son los montos máximos asignados?**

<b>INSTITUTO, CENTRO DE ESTUDIOS O UNIVERSIDAD</b>	<b>MONTO</b>
Centro de Educación Ocupacional – CEO	S/. 3,500
Educación Superior No Universitaria (*)	S/. 4,000
Educación Universitaria (*)	S/. 6,000
Bachiller y/o Titulación	S/. 8,000
Estudios de Postgrado o de Especialización y/o otros Créditos Educativos.	S/. 12,000
Maestría y Doctorado	S/. 25,000

(\*) Nota: En el Ámbito Internacional hasta S/. 25,000. Así mismo, en los Créditos Escalonados (Préstamos por Ciclos o por Semestres) los topes serán definidos por el Comité de Crédito.

**¿Donde solicitar Crédito Educativo?**



- En el Área de Orientación de la Dirección de Crédito Educativo de nuestra Sede Principal, ubicada en Tiziano N° 387 – San Borja, Lima.
- A través de los Coordinadores de Crédito de las Instituciones de Lima y Provincias.
- A través de nuestro Portal Web: [www.minedu.gob.pe/obec](http://www.minedu.gob.pe/obec)

## • **COMISIÓN FULBRIGHT**



### **Becas Fulbright Postgrado**

Becas de post-grado en universidades de los Estados Unidos para profesionales peruanos. Los candidatos deben demostrar excelencia académica y potencial para contribuir al desarrollo del país y al buen entendimiento entre el Perú y los Estados Unidos. Las becas financian parcialmente los estudios de Maestría. Los interesados en estudios de Ph.D. (Doctorado) deben consultar en la Comisión Fulbright la posibilidad de continuar los estudios después de obtener el grado de Maestría.

### **BENEFICIOS**

Beca parcial. Cubre gastos de transporte, seguro médico, estipendio mensual para gastos de manutención. La Comisión Fulbright solicita directamente de las universidades la exoneración del pago de derechos académicos (pensión de estudios o "tuition"). En caso de no obtener la exoneración, la beca puede completarse con fondos personales del becario o fondos proporcionados por otras instituciones. La beca no cubre gastos de los dependientes del becario.

### **REQUISITOS**

1. Nacionalidad peruana y residencia en el Perú. No tener doble nacionalidad EE.UU./Perú ni visa de residencia en los Estados Unidos.
2. Buen conocimiento del idioma inglés. Se reciben solicitudes únicamente de quienes hayan obtenido 85 (written score) puntos o más en el examen Michigan ó 230 ó más en el examen TOEFL CAT ó 88 TOEFL iBT ó 570 en el paper-based.
3. Grado universitario. Título profesional únicamente abogados.
4. Excelentes antecedentes académicos. Certificado de tercio superior emitido por la universidad.
5. Dos años de experiencia profesional después de recibir el grado universitario.
6. Importante: todos los becarios asumen el compromiso de retornar al Perú después de concluir los estudios.

**FECHA LÍMITE PARA ENTREGA DE SOLICITUDES CON DOCUMENTOS COMPLETOS:**

>> 30 de junio del 2009.

**FECHA DE INICIO DE LAS BECAS:**

>> Julio o Agosto del año 2010.

**CHARLAS DE ORIENTACION PARA LLENADO DE SOLICITUDES:**

>> Los siguientes días jueves de 2009

**CONSULTAS:**

Dirección: Juan Romero Hidalgo 444

Tel.: 511- 475-3083

San Borja, Lima 41, Perú

Fax: 511- 475-3086

[info@fulbrightperu.info](mailto:info@fulbrightperu.info)

[www.fulbrightperu.info](http://www.fulbrightperu.info)

## • **EMBAJADA DE BÉLGICA**

### **Programa de Becas para Estudiar en Bélgica**



El programa proporciona becas:

- **Individuales** para pasantías, formaciones breves y estudios de postgrado en Bélgica, Perú y la región Latinoamericana (cuenta igualmente con becas para doctorados mixtos en Bélgica);

- **Institucionales** para pasantías y formaciones grupales en Perú y la región Latinoamericana.

Los temas de estudio deben estar estrechamente vinculados con las prioridades del desarrollo humano sostenible en el Perú.

#### **Requisitos generales:**

1. Ser de nacionalidad peruana;
2. Tener una experiencia mínima de 2 años en actividades de desarrollo humano sostenible en el Perú (de preferencia vinculada con el área de formación elegida);
3. tener identificado el programa de formación que le interesa;
4. Presentar el expediente de solicitud de beca (ficha resumen, formulario y anexos) antes de la fecha límite;
5. De preferencia tener el respaldo institucional del organismo donde desempeña sus actividades profesionales;
6. Para estudios/doctorados de más de un año: tener menos de 40 años;
7. Para estudios de postgrado: tener como mínimo diploma de bachiller;

#### **Becas individuales para Perú y América Latina**

El financiamiento es parcial, se pueden desarrollar en el Perú o en otro país de la región Latinoamericana, siempre y cuando éstas se realicen en instituciones serias y reconocidas en el ámbito académico y/o profesional.

#### **Recepción de expedientes de solicitud**

1. En forma física (entregado en recepción o por correo postal)
2. Dirección: **Embajada de Bélgica**, Av. Angamos Oeste 380, Miraflores, Lima 18
3. Horario de atención: de lunes a viernes de 09h00 a 13h00 y de 14h00 a 16h00

**Toda consulta será atendida únicamente por correo electrónico:**

[dgcdlima@diplobel.org](mailto:dgcdlima@diplobel.org)

[lima@diplobel.fed.be](mailto:lima@diplobel.fed.be)

[miriam.magallanes@diplobel.fed.be](mailto:miriam.magallanes@diplobel.fed.be)

### • **ALIANZA ESTRATEGICA**

La Alianza estratégica esta conformada por tres universidades líderes del medio las cuales son: UNI, UNMSM Y UNALM, estas universidades pertenecen han formado una organización con sede en la UNMSM bajo al dirección del Dr. Víctor Urrunaga, la cual dentro de sus actividades esta la de brindar becas y créditos educativos para estudiar basicamente en 2 países como son Italia y Francia.



Las Convocatorias para los Programas de Becas Académicas y Crédito Educativo para Francia e Italia, se realiza en el mes de Octubre de cada año.

Las condiciones y compromisos que deben tener o asumir los postulantes son:

- Pertenecer al Tercio o Quinto Superior (incluyendo el promedio del último semestre culminado).
- Certificado de Estudios (solo el nivel más alto) y/o boleta de estar estudiando actualmente el Idioma Francés y/o Italiano (\*).
- Cubrir los costos de su pasaje de ida y vuelta a Francia y/o Italia.
- Cubrir gastos de estadía (alimentación, alojamiento, seguros y otros gastos menores, (algunos de los cuales serán subvencionados parcialmente).
- Asistir por lo menos a una de las Charlas Informativas que se ofrecerán en estas convocatorias.
- Edad límite: 34 años, al último día de la convocatoria

Para los APLICANTES a quienes se le acepte su postulación , tienen la opción de poder financiar sus gastos mediante la gestión de un préstamo ante la institución del Estado recursos COFIDE

**Consultas:**

[alianzaestrategica2009.10@gmail.com](mailto:alianzaestrategica2009.10@gmail.com)

Telefax (+511) 6197000 anexo 5220.

Casona de San Marcos - Parque Universitario.

Lima-Perú.

### • **EMBAJADA DE JAPÓN**

El Gobierno del Japón a través del Ministerio de Educación, Ciencia, Cultura, Cultura y Tecnología ofrece anualmente seis modalidades de becas de carácter integral y cubren totalmente los costos de pasaje aéreos, estadía, estudio, etc., por el tiempo que el becario permanezca como tal en el Japón. Los estudiantes interesados en postular a las becas de pregrado, técnicas y ocupacionales, pueden acercarse a recoger los temas de examen de admisión y revisar los exámenes anteriores.



Mayor información: Embajada del Japón - Sección Becas - Telef. 219-9538 (09:00 a 12:30 y 14:00 a 16:30 horas)

Enlace: [Study in Japan: Comprehensive Guide](#)

Contáctenos para mayor información [becasjapon@embajadajapon.org.pe](mailto:becasjapon@embajadajapon.org.pe)

### **c) UNI-CONEIC 2009**



Este año el Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil (CONEIC) tendrá lugar en la Universidad Nacional de Ingeniería. Dicho evento está programado para el mes de agosto y contará con conferencistas de nivel mundial, provenientes desde México, Canadá y Alemania.

En estos momentos se viene dando el concurso de ponencias entre los alumnos y egresados interesados en formar parte de este gran evento. Los ganadores de este concurso tendrán la distinción de exhibir su ponencia frente a todo el público asistente.

Entre las entidades participantes de este concurso de ponencias tenemos a diversas universidades de Lima como la Universidad Nacional de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Alas Peruanas, Universidad Ricardo Palma, Universidad Nacional de Piura, Universidad Nacional del Altiplano, Universidad Nacional San Antonio Abad y muchos más.

Estamos a la espera de resultados para conocer quienes formarán parte de este evento como exponentes. Para cualquier información adicional pueden visitar la página web <http://xviiconeic.com/portada.php> donde encontrarán mayor información al respecto.

#### **d) ENTREVISTA A LUIS RAYGADA ROJAS (Tesisista Del Primer Grupo Convenio UNI-GyM – 2008)**

A continuación se presenta la entrevista realizada el 11-06-2009 al egresado (2008-II) Luis Fernando Raygada Rojas, quien fue uno de los tesisistas del primer grupo del convenio UNI-GyM, así como miembro activo del IIFIC-UNI. Actualmente, trabaja en Vector Perú S.A.C, como Ingeniero Geotécnico Junior.



**IIFIC:** *¿Cómo te enteraste del convenio UNI-GyM?*

**LR:** Fue mi amigo Alfonso Cerna quien me comentó sobre este convenio y sus beneficios. Al principio andaba medio temeroso porque éramos varios postulantes y no sabía muy bien en qué consistía este convenio.

**IIFIC:** *¿Qué impresión te dejó el grupo humano con quienes formaste parte del convenio?*

**LR:** El grupo del que formé parte fue muy bueno. Son personas muy empeñosas, agradables, inteligentes y lo bueno es que todos teníamos una misma meta que era realizar la tesis. Después de casi 6 meses de culminada nuestra etapa en el convenio, aún nos seguimos reuniendo para compartir momentos agradables.

**IIFIC:** *¿Qué impresión te dejó el convenio en sí?*

**LR:** Es muy bueno lo que el Dr. Víctor Sánchez, el Dr. Teófilo Vargas y el Ing. Edward Santa María con gestión de nuestro decano el Dr. Jorge Alva están haciendo por nuestra facultad. Han hecho que la mejor empresa constructora del país acepte a jóvenes investigadores para que realicen sus tesis; la mejor empresa constructora se ha juntado con la mejor universidad del Perú. Para nosotros, los del primer grupo del convenio, ha sido muy grato poder formar parte de esta gran empresa.

**IIFIC:** *¿De qué manera te parece se puede mejorar el convenio?*

**LR:** Considero que este convenio debiera ser no sólo con GyM, sino también con las demás empresas de ingeniería que laboran en el país; realmente es un beneficio mutuo. La UNI necesita más convenios como éste para fomentar la investigación a nivel pre-grado y las empresas requieren de jóvenes ingenieros emprendedores que los ayuden a resolver problemas poco conocidos e investigados.

**IIFIC:** *¿Qué impresión te dejó el IIFIC?*

**LR:** El IIFIC es un ejemplo claro de cómo se debe dinamizar la investigación, todo ello gracias a las personas emprendedoras que lo conforman y a la calidad de los Doctores Víctor Sánchez y Teófilo Vargas. Ellos son un ejemplo que nos motiva a llegar muy lejos y dejar en alto siempre el nombre de nuestra universidad.

**IIFIC:** *¿Qué mensaje le puedes dejar al nuevo grupo del convenio, así como a los nuevos tesisistas que están por entrar a los otros convenios?*

**LR:** Siempre trabajen de la mano de su asesor y siempre tomen en cuenta los sabios consejos que nos da el Dr. Teófilo Vargas. Antes de cada exposición, es muy bueno que se reúnan y expongan sus temas para ser criticados entre ustedes, también es bueno que se filmen ustedes mismos para que ubiquen sus propios errores al momento de exponer.

**IIFIC:** *Muchas gracias Luis, éxitos en esta nueva etapa de tu vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Este boletín es fruto del esfuerzo de quienes apuestan por la investigación a nivel de Pregrado en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Agradecemos el respaldo brindado por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, representado por su Director, el Dr. Ing. Víctor Sánchez Moya y a la Sra. Elena Muñoz, por su notable participación y apoyo en las diversas labores académicas-científicas realizadas por el grupo de investigadores.

Como toda estructura en Ingeniería Civil nace de un buen cimiento implantado, agradecemos de manera especial a las siguientes personas que conforman los grandes pilares de este grupo humano:

Edward Santa María Dávila, Ingeniero de GyM S.A –Egresado UNI y Alex Liviac Calderón – Egresado UNI, gracias a su apoyo se pudo lograr una vinculación entre la Universidad y la empresa GyM S.A para fines de investigación mutua.

Al Dr. Teófilo Vargas Saavedra, quien con su labor incesante de investigación y asesoría nos brinda los lineamientos necesarios que todo investigador debe tener, a fin de demostrar seriedad y responsabilidad en los trabajos de investigación que se viene realizando.

Agradecemos también a nuestros familiares y amigos que nos brindan el apoyo moral necesario para culminar con éxito los trabajos de investigación que venimos realizando.

**LOS EDITORES DEL BOLETÍN ESTUDIANTIL IIFIC-UNI**



Av. Túpac Amaru 210 Rimac, Lima, Perú Universidad Nacional de Ingeniería  
Apartado Postal 1301 Lima 100 – Perú      Telefax (511) 481-9845  
Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 424  
[contacto@iific.edu.pe](mailto:contacto@iific.edu.pe)