

Análisis Estructural y Diseño del Instituto Americano “Walter Henry”

Santa Cruz, Bolivia

Grupo ISD:

CE 4905: Civil and Environmental Senior Design Project

Julie McNamara
Katherine McKenna
Corrie Craft

Traducido Por:

HU 3293: Empresa de Traducción [español para propósitos especiales]
Universidad Tecnológica de Michigan

Heather Menting
Kevin Sharkey
James Wright

4 de abril, 2006

Carta de Presentación

Estimados ciudadanos de Santa Cruz y clientes de los proyectos de ingeniería civil y ambiental asignados por la Profesora e Ingeniera Linda Phillips (Michigan Technological University) y por las varias instituciones de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Estudiamos español como segunda lengua y este semestre hemos sido estudiantes de la clase de Español para Propósitos Especiales, una clase a nivel intermedio y en la cual repasamos gramática, estudiamos vocabulario para negocios y aprendemos algo de comunicación intercultural. El documento que aquí les ofrecemos fue parte de un proyecto de clase: ocho equipos tradujeron y prepararon ocho diferentes documentos de proyectos basados en los reportes de los equipos ISD (International Senior Design) de las facultades de ingeniería civil y ambiental. Los equipos ISD constan de estudiantes de último año de estudio en nuestra universidad, que fueron a Bolivia para aprender a colaborar en proyectos de ingeniería.

Quisiéramos agradecerlos, primero que todo, por esta oportunidad de sintetizar, resumir, condensar y finalmente de traducir los proyectos al español para ustedes. Ha sido un proyecto “desafiante” para cada uno de nosotros, pero al mismo tiempo de gran aprendizaje no sólo de español técnico, sino también de comunicación y cultura a varios niveles, dentro y fuera de la universidad.

Nuestra meta para la “Empresa de Traducción” no ha sido la de hacer una traducción literal, sino de trasladar al papel una síntesis del proyecto ISD para que fuera más fácil de “traducir” a su contexto lingüístico y cultural. A pesar de todo empeño, esfuerzo y en su fase preliminar. Por eso, queremos disculparnos de antemano. Lo que sí esperamos que se evidencie en la traducción es el concepto importante de la sustentabilidad ambiental de este proyecto.

Nuestro deseo ha sido también el de facilitar más diálogo y enlaces interculturales como también la reciprocidad entre nuestras culturas.

Cordialmente:

Heather Menting

Kevin Sharkey

James Wright

Índice de Materias

Introducción	2
1.0 Contexto del Proyecto	2
2.0 Procedimientos	5
2.1 Investigación Preliminar	5
2.2 En el Sitio	5
3.0 Discusión	6
3.1 La Losa	7
3.2 Cintarones	11
3.3 Vigas y Columnas	12
4.0 Recomendaciones	14
5.0 Conclusión	15

Tablas y Figuras

Tabla 1: Diseño de Concreto Combinado	8
Figura 1: Sitio de la escuela	4
Figura 2: Viguetas prefabricadas	8
Figura 3: El Sistema Voladizo	9
Figura 4: Las Columnas Estructurales	10

1.0 Introducción

El 25 de enero, 2005, el grupo ISD viajó a Santa Cruz, Bolivia para completar un análisis estructural del Instituto Americano “Walter Henry”. La escuela ya había sido construida pero un estudiante anterior de ISD, Mark Plotkin, seguía preocupado con la estructura. Por eso recomendó que se realizara el proyecto. El grupo ISD se encontró con el arquitecto e ingeniero para obtener los planes originales y verificar las dimensiones. El grupo ISD construyó cilindros de concreto que trajeron a Houghton, Michigan en los Estados Unidos para analizar.

Cuando El grupo ISD regresó a los EEUU, empezó el análisis estructural con la intención de usar materiales existentes, conservando los planes actuales, y reduciendo el costo. Se verificó que el concreto no era suficientemente fuerte y por eso cualquier análisis era insuficiente sin más verificación y datos.

2.0 Contexto del Proyecto

El diseño de la escuela se basa en un plan económico apropiado ya que el proyecto es financiado solamente a base de donaciones. La estructura de la escuela se basa también en un diseño económico; esto es muy importante porque como ya dijimos es fondado sólo por donaciones. Por eso, la construcción de la escuela ha sido lenta. Las aulas se construyen

cuando los fondos son disponibles. A causa de la falta de mano de obra y de otros recursos suficientes, sólo una o dos aulas se construyen cada año.

Al principio, la escuela había sido un edificio de dos salas. Ahora se usa este edificio para almacenaje. La elevación de este sitio era baja y el resultado fue la inundación durante la estación de lluvia (Véase la Figura #1). Por eso, este sitio fue rellenado con tierra de construcción de los canales de drenaje. La construcción de las salas empezó en agosto de 2004 cuando se construyeron las primeras paredes de albañilería.



Figura 1: Sitio de la escuela antes del reacondicionamiento – Structural Análisis & Design of Instituto American “Walter Henry” [Reporte del ISD] (P. 7)

En Julio 2004, los estudiantes de MTU completaron la construcción de dos salas en el segundo piso. Ellos prepararon materiales de relleno de construcción, virtieron ladrillo hueco y virtieron cintarones y columnas de concreto.

En agosto 2004, el segundo grupo de estudiantes de MTU preparó el material de relleno de ladrillo hueco para la mitad de las columnas vertidas que el primer grupo había construido y pusieron las viguetas prefabricadas y prepararon la losa para el segundo piso.

El diseño para el edificio es un típico diseño de una escuela boliviana que incluye dimensiones para las salas y para la estructura. Los miembros del grupo ISD piensan que la estructura se construyó a medida según la práctica común, los procedimientos y edificios que tienen menos de tres pisos. El grupo ISD decidió comprobar un análisis estructural según las Leyes de Construcción Internacional (ICC) y las Leyes del Instituto de Concreto Americano 318-05 (ACI).

3.0 Procedimientos

Los siguientes procedimientos describen los métodos utilizados en el análisis y el diseño para el edificio de dos pisos de concreto reforzado.

3.1 Investigación preliminar

Los requisitos de cargamento estructurales se basaron en el código internacional del edificio y repasados en el código de ACI. El análisis preliminar completado en la losa del segundo piso utilizó ecuaciones y coeficientes de ACI.

3.2 En el sitio

Se recibieron, y se revisaron copias de los modelos arquitectónicos que contienen dimensiones correctas, se sacaron medidas de materias pre-construidas y recolectadas de la viga y de la columna, y tipos de materiales y tamaños de la barra de refuerzo. Se determinó la localización de las tres cargas más grandes de la columna de la estructura usando las líneas de la columna y áreas del tributario. Se calcularon, a mano, las cargas de diversas columnas basadas en su área tributaria.

Se analizaron las vigas, las losas de los pisos y los diseños de instalación.

4.0 Discusión

El enfoque de este reportaje es el análisis estructural de las columnas, la losa de concreto del segundo piso, los cintarones, y las vigas.

Se analizaron tres cilindros del concreto de las vigas y tres cilindros del concreto de las columnas. El hormigón se endureció durante 28 días. Aunque se trató de crear condiciones óptimas para endurecer el hormigón, tres de los cilindros se movieron y se cayeron el segundo día. Después los cilindros se devolvieron a “Soils and Materials Engineers” en los EEUU para determinar su fuerza máxima.

El trastorno no pareció impactar la fuerza máxima porque el tipo de ruptura indicaba un fallo del cemento y los seis cilindros se rompieron con presión casi igual. Este análisis usó un número mínimo para la fuerza máxima, 1.100 PSI.

4.1 La Losa:

La losa del segundo piso tiene dos partes distintas, el aula y el pasillo de afuera. La losa se instala en un sistema de viguetas prefabricadas que fue ideado por Premolcruz. Las viguetas se instalan entre los cintarones y la viga central de cada aula y entre los dos cintarones del pasillo exterior. Después de instalar las vigas, fueron cubiertas de paneles de poliestireno para poder apoyar el hormigón para la losa.

El refuerzo de acero se coloca encima del sistema de la vigueta que funciona en ambas direcciones, una dirección para la temperatura y la contracción, y la otra para la flexibilidad. (Véase la figure #2)

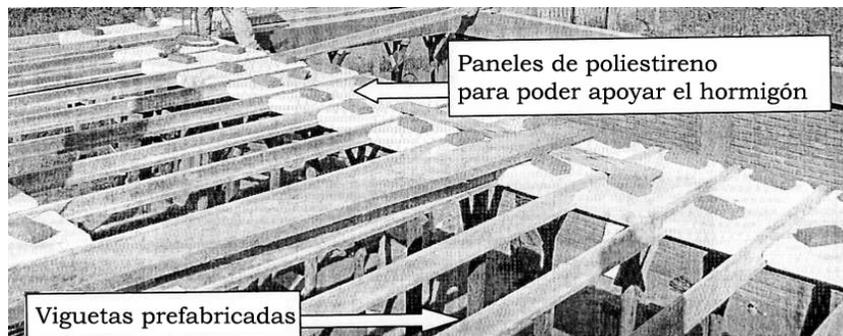


Figura 2: Reporte del ISD (pagina 14)

Luego, el refuerzo y el sistema de viguetas son cubiertos por una losa de concreto de unos 5 centímetros de espesura. El diseño de la mezcla de hormigón usado para la losa se puede ver abajo:

Diseño Concreto de Combinación	
Material	Cantidad
Agregado Grueso	9 Galones
Agregado Ripio	7.5 Galones
Cemento	3 Galones
Agua	~3 Galones

Tabla 1: Los Materiales – Reporte ISD (p. 15)

Cubos de tamaño de un galón fueron utilizados como medidas de peso.

La galería de la segunda losa del piso se diseñó originalmente para atravesar la viga del enlace de la sala de clase a las columnas del ladrillo. Un voladizo es una viga apoyada, o conectada en un extremo y libre para moverse en cualquier dirección en el otro extremo. Para crear un sistema voladizo acertado, el extremo de la viga debe tener bastante fuerza para refrenar la viga contra el movimiento lineal y rotatorio.

Para que haya un sistema “en voladizo” verdadero, las fuerzas que funcionan en punto “A” tienen que ser iguales y opuestas a las que funcionan en punto “B”.

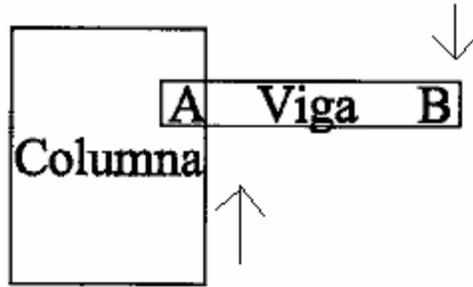


Figura 3: El Sistema En Voladizo – Reporte del ISD (p. 16)

El grupo ISD encontró que la columna de apoyo no tiene capacidad suficiente. Según la recomendación del Doctor L. Bogue Sandberg, será necesario un diseño nuevo que use una columna de hormigón armado en lugar de las columnas no estructurales como en la figura abajo.

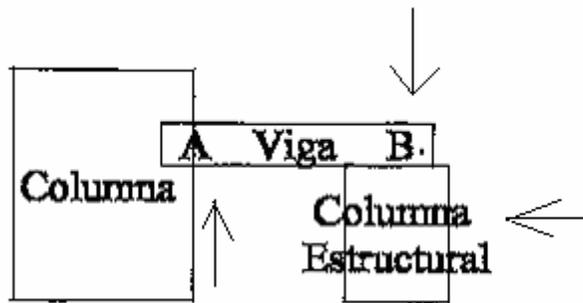


Figura 4: Las Columnas Estructurales – Reporte del ISD (p. 16)

La losa satisface las recomendaciones para flexibilidad, temperatura y contracción; pero no satisface el código de ACI con respecto a espacios de refuerzo o cubierto de concreto. Para satisfacer el requisito de espacios, el espacio entre las vigas de refuerzos tiene que cambiar a 12,7 cm. del centro. Para satisfacer los requisitos de cubierto para las vigas de refuerzo, tiene que cubrirse con un mínimo de 1,9 cm. de concreto. Por eso el grupo ISD recomienda que se use una viga #2 con espacio de 12,7 cm. del centro.

Se recomienda que reemplacen la viga #3 con la viga #2 porque el cambio de las vigas permite satisfacer los requisitos de cubierto sin cambiar la hondura de la losa y poner las barras a 12,7 cm. del centro satisface los requisitos de espacios. Con estos cambios, la losa del segundo piso sigue requisitos para flexibilidad, temperatura, contracción, cubierto, y carga cortante.

4.2 Cintarones

Cada sala de clases y galería tiene cinco cintarones que se extienden de columna a columna.

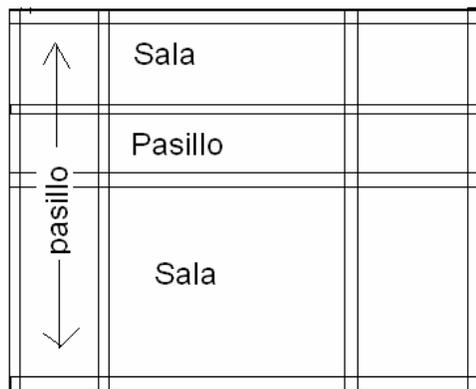


Figura 5: Modelo de la escuela – Reporte del ISD (p. 19)

El objetivo de estas vigas es aportar la estabilidad estructural y ayudar a transferir las cargas a las columnas. Cada cintaron tiene dimensiones de 30 cm. a 20 cm. y una jaula de refuerzo que consta de cuatro vigas #5 y estribos de vigas con espacio de 15,25 cm.

El cintaron actual se diseñó para la escuela y se analizó usando las normas de ACI para flexibilidad, carga cortante, y requisitos de espacio. El diseño actual, fue analizado por el grupo ISD, y se averiguó que no aporta tanta fuerza para satisfacer los requisitos de flexibilidad; eso indica que no puede sostener el uso diario que ocurre en la vida normal de la estructura. La flexibilidad es controlada por hondura, y por eso para estar seguro que los requisitos de flexibilidad sean adecuados, la hondura de los cintarones tiene que aumentarse.

4.3 Vigas y Columns

El análisis del diseño original de la viga indica que el diseño puede ser inadecuado para resolver requisitos de flexibilidad. Ya que la hondura de la viga aumenta la cantidad de seguridad de refuerzo el acero tiene que aumentar proporcionalmente, y eso sería imposible dado las técnicas actuales de construcción. El grupo ISD modificó el diseño estructural basado en 1.100 PSI de fuerza del concreto según los resultados de la prueba y la inspección. Sin embargo, el reajuste de la viga que usa 1.100 PSI no funcionará. Generalmente en un sistema de concreto reforzado, el concreto tiene la capacidad de permitir que el acero rinda. En otras palabras, cuando las fuerzas en la estructura alcanzan capacidad, el concreto protegerá contra la compresión y el acero asumirá las cargas mayores de tensión. En el caso

del Instituto Americano “Walter Henry” el concreto no tiene suficiente fuerza para permitir que el acero reporte estas cargas mayores. Por eso cuando ocurre el cargamento máximo y falla el concreto, las vigas de refuerzo no pueden llevar la carga completa de la tensión y esto puede causar una falla catastrófica inmediata.

Al inicio de este proyecto la fuerza del concreto fue medida para ser 1.100 PSI y el grupo ISD decidió diseñar según este valor conservador. Sin embargo, se concluyó que el costo incurrido del concreto sería excesivo en comparación con el costo de alterar la calidad del concreto para obtener una fuerza mayor. El grupo ISD cree que para terminar un análisis de la estructura del Walter Henry se debe enfocar en las fuerzas del concreto.

Debido a estas conclusiones se decidió que el diseño y el análisis de las columnas no serían posibles. Se recomendó que estas columnas se analizaran y se reajustaran después de cambiar el concreto adecuadamente.

5.0 Recomendaciones

El objetivo de este reporte era analizar la estructura del Walter Henry con los recursos y métodos de construcción actual, y recomendar planes nuevos según necesarios. Usando concreto con una fuerza máxima de 1.100 PSI, el grupo ISD recomienda que:

- En la losa del segundo piso, que se reemplace las vigas #3 con las vigas #2 para ajustarse al código.
- En los cintarones, que se reemplace las dos vigas #5 actual de cada superficie con cuatro vigas #5 para ajustarse al código para cable y espao.
- En los cintarones, que se reduzca el espacio entre los estribos de vigas #2 a cinco pulgadas para ajustarse al código.

Más investigación es necesaria para asegurar que la estructura del Instituto Americano Walter Henry sea adecuada al uso de la comunidad. Se recomienda que se descubra la fuerza máxima del concreto con seguridad, y sin poder hacer eso, que se conciban planes nuevos.

Es esencial que un ingeniero o arquitecto profesional verifique los planes, y pruebe la fuerza del concreto en el sitio.

6.0 Conclusión

El concreto parece no tener mucha fuerza y por ende, las vigas necesitan más apoyo para sostener el peso. Por eso, se recomienda que el arquitecto o ingeniero verifique y reanalice los planes estructurales de la estructura. Aún si la fuerza del concreto actual es de circa 1.100 PSI, los cálculos del grupo ISD indica que el edificio es estructuralmente insuficiente. Si la fuerza del

concreto fuera de 3.700 PSI, el grupo ISD cree que las vigas serían todavía insuficientes.

El grupo ISD no analizó las columnas porque las vigas, cintarones y el piso necesitan reevaluación. También, una verificación de la fuerza del concreto es necesaria para que el análisis sea definitivo. Es recomendable que se pruebe la fuerza del concreto de las partes del edificio que ya están construidas.

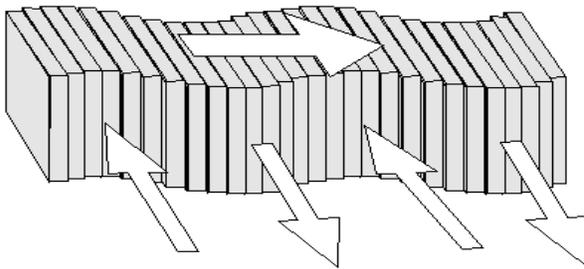
El grupo ISD cree que es necesario un concreto mas fuerte para varias partes del edificio. El mejor concreto será más caro, pero costará menos que vigas y columnas más grandes.

Glosario

ACI- el código de construcción internacional

Albañilería- proceso de construcción que requiere uso de piedras o ladrillos

Carga cortante – lo que pasa cuando algo se comprime en una dirección que es perpendicular a la fuerza (abajo)



Cintaron- aporta la estabilidad estructural y ayuda a transferir cargas a las columnas

Estribo de la viga-Lo que se ponen sobre una viga para apoyar la estructura

Galón- aproximadamente 4,546 litros

Houghton, Michigan – Un lugar en el norte de Michigan; Michigan Tech está localizado allí.



ISD – Un grupo de estudiantes de ingeniería civil que van a países extranjeros para poner en practica su conocimiento en diseño y métodos de construcción.

PSI – Libras por pulgadas cuadradas. Una medida de presión

Viga- algo que ayuda con la estabilidad estructural y también con la transferencia de cargas a las columnas

Viguetas Prefabricadas – Vigas que van a un lado de una sala a otro y apoyan un techo o un piso; Éstas son fabricadas por una compañía.

Voladizo – Una viga que es apoyo a solamente uno extremo se tuerce libremente; Utilizado generalmente para los balcones en un edificio.