

## **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo tiene como fin el de hacer una contribución a la ingeniería en nuestra ciudad, a través de métodos, técnicas usadas y probadas en otros países sobre vigas prefabricadas de co.....

creto reforzado. Primero se selecciona la sección transversal de la viga y características geométricas en función de la distribución del sistema de piso, que puedan ser usadas como estructuras prefabricadas para pórticos rígidos en nuestra ciudad.

El aporte más relevante en este trabajo resultado .....

**The using software is free version, you can upgrade it to the upgrade version.<http://www.allimagetool.com>** del análisis efectuado, es que

el elemento prefabricado inicialmente en su condición isostática podrá adquirir unión monolítica en sus apoyos extremos mediante anclajes adecuados y colocación de refuerzos para momentos negativos antes del hormigonado de la losa de compresión del sistema de losa alivianada, resultando una viga continua de nudos rígidos.

La conexión usada para unir las vigas prefabricada con las columnas corresponde a las denominadas conexiones rígidas, ya que son capaces de transmitir esfuerzos a las que están sometidos, mediante la continuidad de refuerzos longitudinales y transversales.

La intención y deseo de este trabajo, es que sea de utilidad tanto para emprender estudios que se quieran llevar a cabo en el futuro, o como para aquellos profesionales dedicados al rubro de la prefabricación, desarrollando nuevos sistemas de construcción en nuestra ciudad.

## **DEFINICIONES**

Ductilidad: propiedad de un material en virtud de la cual puede sufrir gran deformación permanente sin llegar a la rotura.

Emular: imitar lo que otro hace, procurando igualarle y aún excederle.

Emulación monolítica: son las conexiones ya sea de marcos o muros prefabricados que pretenden tener un comportamiento similar al de una estructura monolítica.

Hormigón colado in situ: hormigón que se deposita y permite que endurezca en el sitio donde permanecerá en la estructura terminada.

Hormigón prefabricado o premoldeado: hormigón moldeado en un lugar que no es su emplazamiento final.

Longitud de empotramiento: longitud de empotramiento de la armadura más allá de una sección crítica.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

- El objetivo general de este proyecto es el de analizar, diseñar y calcular vigas prefabricadas de hormigón armado para edificios de pórticos rígidos, para saber sobre el a.....

alcance de su aplicación como elemento estructural en la construcción de pórticos rígidos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Obtención de secciones transversales, diseñadas y calculadas para solicitaciones y cargas comunes en una viga.
- Analizar el comportamiento del elemento prefabricado, uniones, condición .....
- 
- 
- **The using software is free version, you can upgrade it to the upgrade version.<http://www.allimagetool.com>** resistente, etapas de carga, construcción y montaje.
- Comparar las ventajas y desventajas empleando vigas prefabricadas de hormigón armado para pórticos rígidos con vigas construidas en forma convencional.
- Concluir sobre la viabilidad o no del uso de vigas prefabricadas de hormigón armado en la construcción de edificios de pórticos rígidos como elemento estructural.
- Conocer los elementos mecánicos adicionales que deberán ser utilizados para la elaboración, transporte y montaje, de las vigas prefabricadas de hormigón armado.

## IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Se realiza este estudio, porque es necesario buscar nuevos métodos de construcción para obtener mayores utilidades, aumentar el control de calidad de los elementos estructurales y reducir los tiempos que se demora en la construcción de éstos.

.....

## **1 MARCO TEÓRICO**

El texto base para la comprensión del comportamiento del concreto y el acero de refuerzo, fue el reglamento para concreto estructural ACI318 en sus versión 2002 [ref.1], 2005[ref.2] y 2008[ref.3], también se siguen los lineamientos del ACI 550.1R-01[ref.4] “Emulación de detalles de estructuras de concreto prefabricado colado en sitio”, en su título en inglés: “Emulating Cast-in-Place Detailing in Precast Concrete Structure ACI 550.1R-01”. Las razones por las cuales se selecciono este documento [ref.4] , es por que proporciona una guía práctica para detallar estructuras prefabricadas de concreto, con entero cumpliendo de los requisitos del código de construcción ACI 318 en todas las regiones emuladas o no de concreto reforzado. Se adecua su contenido para resolver y cumplir con los objetivos propuestos en el presente trabajo. El proceso de emulación de detalles se presenta en el Anexo 1.

En la versión 2002 del ACI 318, se muestran ejemplos explicativos de cada capítulo, que son de mucha ayuda para el entendimiento, manejo y criterio para la aplicación de fórmulas y el comportamiento de los dos materiales (acero y concreto) a su respuesta ante las cargas externas, en esta publicación las unidades se encuentran en el sistema inglés.

En las versiones 2005-2008 del ACI 318, ya no se presentan ejemplos explicativos y el sistema de unidades usadas es el sistema internacional SI. Cada una de las versiones presentan modificaciones en base a nuevos ensayos realizados, es por tanto hay que tener muy en cuenta las modificaciones de cada publicación.

Para el análisis de las conexiones viga columna con elementos prefabricados, se consulto la memoria de tesis de Daniel Alejandro Plubins Canessa [ref.5], trabajo realizado sobre conexiones sismorresistente viga columna en elementos prefabricados, en el Anexo 2 se muestra la unión ensayada a manera de ilustración.

De éste texto, se extrae el tipo de unión viga columna, ensayada en esta tesis [ref.5], donde se comprueba la efectividad de esta conexión para transmitir y soportar esfuerzos, este modelo de unión se ha adecuado al diseño de unión en este trabajo y criterios de unión [ref.12]. Los catálogos de las empresas RIPHORSA [ref.6], TECNICONTA [ref.7], RUBIERA [ref.8], son empresas que ofrecen productos prefabricados desde hace muchos años, y son clara evidencia de la utilización de elementos prefabricados usados en la construcción de obras civiles, e impulsan a la profundización de estudios acerca del

.....

**The using software is free version, you can upgrade it to the upgrade version.<http://www.allimagetool.com>** comportamiento de

elementos prefabricados para ser usados como elementos estructural en pórticos rígidos en muestra ciudad.

En el análisis de entrepiso, losa aliviada, se consideró los productos elaborados por la empresa Concretex Tarija [ref.9], considerando sus recomendaciones de colocación y disposición de viguetas.

En la revisión de trabajos sobre el diseño de elementos prefabricados, en su mayoría se encontró catálogos de productos prefabricados, que son empleados en países Europeos como Francia, España, Alemania entre otros países.

Se mencionan recomendaciones que se deben cumplir para la construcción de elementos prefabricados en la [ref.3] Capítulo 16 Elementos prefabricados, donde se dan las disposiciones que se deben aplicar a estructuras que incorporen elementos prefabricados de concreto, se siguen estas disposiciones en el análisis y diseño de vigas prefabricadas en este trabajo.

También se revisó el “NPCA Quality Control Manual for Precast Concrete Plants”, Manual de control de calidad para plantas de concreto prefabricado [ref.10], que se considera una herramienta confiable de gestión de calidad en la industria del concreto prefabricado, este manual define el mínimo nivel de calidad satisfactorio al que el comprador de productos de concreto prefabricado puede aspirar, y que el fabricante de productos debería proveer. En el Anexo 3, se presentan los requerimientos que deben cumplir los elementos prefabricados, desde su fabricación, hasta su montaje.

Para el diseño del sistema de elementos prefabricados, se consultó el catálogo de sistemas de transporte de prefabricados PFEIFER [ref.11], aplicado a nuestros fines se hizo el diseño usando acero de refuerzo convencional, y no el sistema de anclaje que ofrece esta empresa. Para la verificación y diseño del anclaje se consultó el apéndice D “Anclajes al concreto” del ACI 318, [ref.3].

Para la metodología de cálculo estructural de vigas, se remitió a los apuntes de libro Concreto reforzado de Arthur N. Nilson [ref.12].

## 2 METODOLOGÍA

La metodología usada en este trabajo sigue los lineamientos del ACI 550.1R-01 “Emulación de detalles de estructuras de concreto prefabricado colado en sitio”, en su título en inglés: “E.....

mulating Cast-in-Place Detailing in Precast Concrete Structure ACI 550.1R-01” [ref.4], el desarrollo del método emulativo se describe en el **Anexos 1**, se procede a analizar la estructura convencional compuesta, sujeta a cargas establecidas para propósitos de diseño, se distribuyó el sistema de pi.....

**The using software is free version, you can upgrade it to the upgrade version.<http://www.allimagetool.com>**

so en tablero y rectangular, para codificar los posibles tipos de viga para el diseño, en función de la luz de la viga y sistema de piso (losa alivianada), luego se hizo el análisis estructural considerando el comportamiento lineal elástico de la estructura.

Realizado esto, se procede al cálculo de los refuerzos necesarios para satisfacer las solicitaciones de carga, refuerzos transversales y longitudinales. En el **Anexos 5** se muestran los cálculos realizados, para cada tipo de viga.

Luego se calculó y diseño los elementos necesarios para el sistema de transporte del elemento prefabricado, ver **Anexos 6**.

Se utiliza para el diseño de la viga los siguientes materiales:

Concreto:

Resistencia específica del concreto: 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

Peso unitario del concreto: 2400 kg/m<sup>3</sup>.

Acero:

Resistencia a la fluencia del acero igual a: 4200 kg/cm<sup>2</sup>.

Módulo de elasticidad de acero: 2030000 kg/cm<sup>2</sup>.

El parámetro de carga de servicio es de 250 kg/m<sup>2</sup>.

Las longitudes de viga a diseñar son: 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 metros. De iguales longitudes para el sistema de pisos, sistema de piso usado es viguetas CONCRETEC [ref.9].

En el **Anexo 4** se muestra la filosofía de diseño usada para el diseño de las vigas de concreto prefabricado, resumida de la [ref.1].

Las restantes consideraciones de cálculo se muestran en los anexos respectivos.

## 2.1 RESULTADOS

Se expone los resultados en base a los objetivos específicos trazados en este trabajo:

- **Obtención de secciones transversales de vigas prefabricadas de concreto armado, en función de su longitud y cargas de servicio.**

La sección transversal de viga obtenida en función de longitud y cargas de servicio es la siguiente: viga rectangular de carga tipo I y II, (VCR I, VCR II), vigas de amarre tipo I, (VAR I), ambos tipos de vigas de carga y de amarre según sus secciones, se detallan en gráficos, la sección transversal del elemento compuesto y prefabricado, y la disposición de refuerzos transversal y longitudinal estimado para solicitaciones de momento positivo, éstos se muestran en el **Anexo 7**.

- **Análisis del comportamiento del elemento prefabricado en su condición resistente isostático, monolítico continuo.**

El comportamiento del elemento prefabricado en su condición resistente isostático y monolítico continuo es el siguiente.

Elemento prefabricado viga:

Este elemento desde su construcción hasta su montaje final, tiene condición resistente isostático, trabajando simplemente apoyada en sus extremos.

Elemento monolítico:

Se espera éste comportamiento habiendo sido montado, asegurado, y colocado los refuerzos respectivos sobre el elemento prefabricado, para lograr la continuidad de esta pieza, se hormigona los espacios dejados para lograr la monoliticidad esperada, con concreto colado en sitio con la inserción de refuerzos para momentos negativos según el requerimiento según a las solicitaciones.

- **Análisis de cargas en las etapas de construcción, montaje, servicio.**

Cargas en la etapa de construcción:

En esta etapa a parte del peso propio del elemento, está la adherencia del encofrado en contacto con la superficie de la pieza.

Cargas en la etapa de montaje:

En esta etapa la carga a considerar puede ser la de viento según sea el caso.

Cargas en la etapa de servicio:

.....

## 2.1 RESULTADOS

Se expone los resultados en base a los objetivos específicos trazados en este trabajo:

- **Obtención de secciones transversales de vigas prefabricadas de concreto armado, en función de su longitud y cargas de servicio.**

La sección transversal de viga obtenida en función de longitud y cargas de servicio es la siguiente: viga rectangular de carga tipo I y II, (VCR I, VCR II), vigas de amarre tipo I, (VAR I), ambos tipos de vigas de carga y de amarre según sus secciones, se detallan en gráficos, la sección transversal del elemento compuesto y prefabricado, y la disposición de refuerzos transversal y longitudinal estimado para solicitaciones de momento positivo, éstos se muestran en el **Anexo 7**.

- **Análisis del comportamiento del elemento prefabricado en su condición resistente isostático, monolítico continuo.**

El comportamiento del elemento prefabricado en su condición resistente isostático y monolítico continuo es el siguiente.

Elemento prefabricado viga:

Este elemento desde su construcción hasta su montaje final, tiene condición resistente isostático, trabajando simplemente apoyada en sus extremos.

Elemento monolítico:

Se espera éste comportamiento habiendo sido montado, asegurado, y colocado los refuerzos respectivos sobre el elemento prefabricado, para lograr la continuidad de esta pieza, se hormigona los espacios dejados para lograr la monoliticidad esperada, con concreto colado en sitio con la inserción de refuerzos para momentos negativos según el requerimiento según a las solicitaciones.

- **Análisis de cargas en las etapas de construcción, montaje, servicio.**

Cargas en la etapa de construcción:

En esta etapa a parte del peso propio del elemento, está la adherencia del encofrado en contacto con la superficie de la pieza.

Cargas en la etapa de montaje:

En esta etapa la carga a considerar puede ser la de viento según sea el caso.

Cargas en la etapa de servicio: Las cargas son las debidas al peso propio del sistema estructural y las de servicio para la cual será diseñada la estructura completa.

- **Análisis de unión viga-columna y conexiones respectivas.**

Conexiones viga a viga, en la intersección viga - columna:

Se utilizan ganchos estándares, para la transmisión de esfuerzos, para la continuidad del refuerzo de momento positivo, estos van en la parte inferior del elemento prefabricado.

Para esfuerzos, debidas a sollicitaciones de momento negativo, se colocan barras de acero en la parte superior del elemento prefabricado, y con empalmes adecuados según el código de construcción, se llegará a la continuidad esperada.

- **Diseño a flexión, cortante, verificación en falla.**

El diseño estructural al emplear el método emulativo, es el mismo que se usa para el diseño estructural de concreto reforzado convencional, los detalles de cálculo se muestran en el **Anexo 5**.

- **Tablas de diseño de vigas en función de los parámetros de carga y longitud.**

Las tablas de diseño para las diferentes secciones y tipos de vigas se muestran en el **Anexo 8**.

- **Comparación de ventajas y desventajas al emplear vigas prefabricadas de concreto armado para pórticos rígidos con vigas construidas en forma convencional.**

Se presenta a continuación ventajas y desventajas que se tendría si se usara elementos prefabricados de concreto reforzado.

#### **VENTAJAS**

- Buena calidad de los materiales:

La utilización de maquinarias en la producción, permitirá una calidad constante de los materiales que pueden ser exactamente determinados, dosificados y controlados. Esto permite utilizar materiales para obtener elementos de mayor resistencia, ajustándolo al método constructivo convencional. También se logrará la exactitud de las medidas de las piezas.

- Disminución de los tiempos de ejecución

.....

## **The using software is free version, you can upgrade it to the upgrade version.<http://www.allimagetool.com>**

Los plazos de ejecución se podrán lograr mejorar, dado que se eliminarán los tiempos muertos entre las distintas tareas en obra. Todos los trabajos se efectuarán en un orden concatenado. El ritmo de obra se verá mejorado por la producción en serie.

- Disminución de equipos en obra

Desaparecerán los encofrados y los sistemas de andamios.

- Mejor aprovechamiento de las secciones resistentes

El uso repetitivo de moldes, amortizará el costo inicial de los mismos y permitirá definir secciones más resistentes desde el punto de vista estructural.

- Permitirá jerarquizar la mano de obra

Dado que es un trabajo específico, se deberá instruir a los empleados, especializarlos y dar mayor estabilidad laboral.

- Económico-Constructivo

Permitirá mejorar los tiempos de obra, acortando los gastos fijos de la misma. Se controlará eficientemente el consumo de horas/hombre.

### **DESVENTAJAS**

- Estructurales

Presenta un poco de complejidad para elementos de viga en voladizo, y secciones lineales curvas horizontales.

- Movilidad y transporte

Se deben considerar para las distintas situaciones estados de cargas transitorios de transporte y colocación, izado y movimiento de ajuste que pueden llegar a definir desde el punto de vista resistente a la estructura. A su vez se deben respetar la capacidad resistente de las rutas, siendo otra variable de diseño a tener en cuenta al dimensionar las piezas. También la forma de transportar incide en el diseño.

- Económico financiero

Se estima una inversión inicial muy importante para poner el sistema en producción, justificable en obras importantes con plazos cortos de ejecución.

- De montaje

Se debe disponer de equipos pesados para el montaje de los elementos estructurales, y disponer el espacio suficiente de maniobra para poder moverlos.

- De fabricación

Dado que el sistema debe resolver la totalidad de la obra al momento de la fabricación se debe disponer de la ingeniería de proyecto de todas las instalaciones al inicio de la obra. La coordinación de dichas instalaciones es fundamental para evitar trabajos posteriores en obra. La mala resolución de estos problemas podría hacer fracasar el sistema.

- **Conclusión sobre la viabilidad o no del uso de vigas prefabricadas de hormigón armado en la construcción de edificios de pórticos rígidos como elemento estructural.**

Desde el punto de vista estructural, con respaldo de la bibliografía consultada y con referencia al cálculo estructural realizado, se concluye que si se puede emplear vigas prefabricadas de concreto reforzado como elemento estructural en la construcción de edificios de pórticos rígidos, pero cumpliendo con los requisitos mínimos de diseño propuesto por la norma ACI 318 y ACI 550.

- **Conocimiento de los elementos mecánicos adicionales que deberán ser utilizados para la elaboración, transporte y montaje, de las vigas prefabricadas de hormigón armado.**

Las consideraciones de diseño y requerimientos para el montaje, se detallan en el **Anexo 3**.

### 3 CONCLUSIONES

- Se puede observar que el diseño de vigas prefabricadas no presenta mayores dificultades de diseño, que aquellas utilizadas para el diseño de vigas en forma convencional.
- La sección tra.....
- nsversal rectangular de viga, usada para describir el método de emulación en este trabajo, no es la única a emplear, la sección transversal puede variar según los requerimientos de diseños estructurales y solicitaciones de carga, por ejemplo secciones en L, T, U.
- El criterio de diseño para calcula.....
- 
- 
- **The using software is free version, you can upgrade it to the upgrade version.<http://www.allimagetool.com>** r la altura total de la viga podrá variar según el proyecto a realizar y las cargas a las que estará sometida.
- El diseño seguido en este trabajo puede ser clasificada como un diseño de emulación monolítica. Y la conexión usada clasifica como conexión rígida.
- La conexión asumida mediante ganchos estándar, dispuesta en forma adecuada puede desarrollarse en los espacios libres de intersección viga columna.
- Los resultados de los cálculos realizados para el sistema de montaje, no reviste mayores complicaciones, se sabrá más de éstos realizando ensayos reales en los elementos viga en función de sus dimensiones, carga, elementos de izado y de grúa disponibles.
- Al emplear esta metodología de diseño de emulación es necesario que el diseño estructural esté bien detallado y especificado, para no tener correcciones futuras, puesto que estos elementos se confeccionan con anticipación.

### COMENTARIOS

- Del estudio realizado sobre análisis, diseño y cálculo de vigas prefabricadas de hormigón armado, se abren luces para futuros ensayos de laboratorio, y poder materializar una normativa Boliviana sobre el uso de elementos prefabricado y su empleo en nuestra ciudad y el país. A demás profundizar otras conexiones a parte de la expuesta en este trabajo, conexiones mediante elementos mecánicos (pernos) y de soldadura.