

**EVALUACION TECNICA Y ANALISIS COSTO/BENEFICIO PARA LA
IMPLEMENTACION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO *DURAPANEL* PARA
PROYECTOS DE VIVIENDA, COMERCIALES, INSTITUCIONALES E
INDUSTRIALES**

**TECHNICAL EVALUATION AND ANALYSIS COST / BENEFIT FOR THE
IMPLEMENTATION OF THE PROJECT CONSTRUCTION SYSTEM
DURAPANEL HOUSING, COMMERCIAL, INSTITUTIONAL AND INDUSTRIAL**



FACULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACIÓN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS

**Diego Andrés Buitrago Torres
Ingeniero Civil, Planeación y Control
Constructora EBISU S.A.S
Bogotá D.C., Colombia
diegobuitrago087@gmail.com
-2014-**

1. RESUMEN

Para empresas del sector de la construcción el tiempo es una variable a tener en cuenta para el desarrollo de un proyecto constructivo, que se podría representar en un problema económico para una empresa si sus proyectos no son entregados a tiempo.

De tal manera que en el sector se han implementado sistemas constructivos industrializados para atacar el tiempo, y así desarrollar un sistema mecanizado en la construcción; dentro de estos sistemas se encuentra el *DURAPANEL*, el cual es un sistema nuevo constructivo que pueden emplear las empresas dedicadas a proyectos constructivos de vivienda, comercial, institucional e industrial.

Es por eso que se expone el análisis de costo/beneficio y la evaluación técnica de *DURAPANEL* para que las empresas de la construcción puedan emplear este sistema constructivo para sus proyectos, y que su departamento técnico pueda determinar que este sistema puede ser de gran ayuda para mejorar sus rendimientos comparados con otros sistemas convencionales.

2. ABSTRACT

For companies in the construction time is a variable to consider in the development of a construction project, which could represent an economic problem for a company if their projects are not delivered on time.

So that in the sector have been implemented industrialized building systems to attack time, and develop a mechanized system in construction; within these systems is the *DURAPANEL*, which is a new construction system that may employ dedicated to building projects housing, commercial, institutional and industrial .

That's why the analysis cost / benefit and technical evaluation of *DURAPANEL* exposed to the construction companies can use this construction system for their projects and their technical department to determine that this system can be of great help to improve their performances compared to conventional systems.

3. INTRODUCCION

El sector de la construcción cada día avanza a gran escala implementando nuevos sistemas constructivos de los cuales se generan grandes proyectos a nivel social y comercial, pero a su vez genera cada día nuevas competencias dentro del sector; en donde aparecen nuevas constructoras en la lucha por ganar un proyecto y terminarlo en el menor tiempo posible para iniciar otro.

Para estas empresas el tiempo es una variable que siempre va hacer de relevancia para cualquier proyecto a construir, puesto que se debe estimar el tiempo empleado desde su planeación, su ejecución, hasta entregar el proyecto; ya que implica el

uso de recursos significativos que desde un inicio deben ser bien estimados para así tener una buena rentabilidad del mismo.

Por tal motivo el atraso en una obra puede implicar el disgusto ante un cliente o que los recursos empleados no se puedan llevar para el inicio o la terminación de otro proyecto; por ejemplo existe un atraso en la construcción de un bloque de apartamentos, la obra se debe entregar completa a los propietarios y no a medida que se construyen los apartamentos, porque no se puede generar incomodidades durante la construcción de los apartamentos faltantes a los propietarios mientras se finaliza la obra, es por eso que si se atrasó la obra la empresa debe asumir los costos que asumieron los propietarios a no recibir a tiempo su apartamento; sin contar con los costos que le represento para la misma el no terminar a tiempo el proyecto.

En este sector se pueden generar retrasos de obra por varios motivos como por ejemplo: condiciones climáticas desfavorables, algún paro de actividades por parte del personal, escases en materiales a emplear para la obra, inconvenientes mecánicos con los equipos a utilizar en la obra, etc.; así se pueden enlistar varios problemas con los que una constructora tiene que afrontar la ejecución de un proyecto, pero que al cliente lo único que le importa es la fecha de entrega bajo la que se firmo el contrato desde el inicio.

Es por eso que para mejorar los rendimientos durante la construcción se puede implementar el uso de materiales y sistemas nuevos, lo que implica un sistema de construcción industrializado para viviendas (casas, apartamentos, fincas, etc.), para el uso comercial e industrial (oficinas, bodegas, centros comerciales, etc.) o para el uso institucional (colegios, bibliotecas, hospitales, etc.) ya que este puede mejorar rendimientos en la construcción para atacar la variable del tiempo durante el proyecto.

Este sistema generaría un mayor rendimiento para así lograr consolidar grandes proyectos de una manera mecanizada, en el que todos los subsistemas y componentes se han integrado en un proceso global de montaje y ejecución para acelerar el proceso constructivo de un proyecto.

4. MARCO TEORICO

En la construcción un proyecto se contempla desde su comienzo con el enfoque con el cual se quiere dimensionar, para el tipo de construcción que se deba emplear en zonas específicas como la vivienda, el comercio, construcciones institucionales e industriales.

Para el desarrollo de este proyecto se especifica este tipo de construcciones, puesto que en la construcción se involucran estructuras en las cuales se pretende volver espacios funcionales bien distribuidos para diferentes tipos de servicios; por eso este proyecto se centra en la construcción de edificaciones o estructuras

verticales en las cuales se aplique la construcción y definiendo el sistema constructivo a emplear.

Es por eso que se tiene que mirar cual es el sistema constructivo que se va a emplear, en la actualidad son dos los sistemas que se emplean para la construcción, como lo son:

Sistemas Constructivos Tradicionales:

Estos sistemas tienen un grado bajo de industrialización, para los diferentes proyectos se pueden utilizar sistemas artesanales en donde se centra la construcción de pórticos (vigas y columnas) en concreto reforzado, también se puede construir con muros en mampostería estructural (muros en ladrillo de concreto o arcilla) o también con muros en mampostería confinada (muros en ladrillo confinados con columnetas en concreto reforzado). Este tipo de sistema constructivo es estructuralmente estable bajo la normatividad sismo resistente NSR-2010¹, este sistema tiene sus limitantes ya que para construcciones de más de cinco pisos se debe utilizar solamente la construcción de pórticos, mientras que para edificios menores a seis pisos se podrían utilizar los muros en mampostería estructural o los muros en mampostería confinada, ambos son técnicamente viables.

Sistemas Constructivos Industrializados:

Estos sistemas son aquellos que tienen un grado de industrialización alta, permitiendo la construcción de edificaciones en serie, y manejando un alto número de unidades constructivas, ya sean apartamentos, locales, bodegas, salones de clase, oficinas, etc. Estos sistemas constructivos se empezaron a implementar en Colombia por el Instituto de Crédito Territorial (ICT)² y el Banco Central Hipotecario (BCH) a partir de 1980 con el fin de producir vivienda masiva en altura, en corto tiempo y a un menor costo.

Los primeros sistemas constructivos industrializados fueron los prefabricados en concreto, después sobre 1990 se empezaron a utilizar sistemas de concreto fundido en sitio como el Outinord y Contech los cuales se emplearon para vivienda de interés social en el país, pero con su eficiencia estos sistemas fueron adoptados para construcciones de estratos 3,4 y 5 hasta la actualidad.

Los sistemas Outinord y Contech utilizan formaletas metálicas reutilizable hasta mil veces para construcciones monolíticas (muros y placas en concreto reforzado de espesor de 10-12cm), ya que el concreto utilizado llega a alcanzar la resistencia

¹ NSR-2010: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, actualmente vigente.

² Instituto de Crédito Territorial, fue creado por medio del Decreto Ley 200 de 1939 con el fin de promover el acceso a la vivienda de las personas desfavorecidas económicamente.

adecuada en corto tiempo y permite desencofrar la formaleta rápidamente para así continuar con la construcción en serie.

De tal manera que las construcciones con Sistemas Industrializados son un avance para la construcción en el país, es por eso que se innova cada día más en estos sistemas desarrollando nuevos elementos y materiales que fortalezcan la construcción.

Por tal motivo se centra la atención de este proyecto en el sistema constructivo *DURAPANEL*, el cual está ubicado dentro de los Sistemas Constructivos Industrializados y su gran base es la construcción en serie a corto tiempo y con mejores rendimientos que los Sistemas Constructivos Tradicionales.

El sistema *DURAPANEL*, es un sistema innovador y nuevo en el país, el cual abarca a su cavidad la definición de un Sistema Constructivo Industrializado; fue creado en 1981 con el nombre de *MONOLITE* y luego llamado *EMMEDUE* en 1995.

Este sistema surge y se desarrolla a partir de la experiencias constructivas de Angelo Candiracci con la combinación de la construcción y la mecánica en donde el señor Candiracci, logro esta llevar esta combinación como un sistema constructivo avanzado; el cual ha sido aplicado a casi más de 100.000 construcciones al rededor del mundo, investigando y desarrollando soluciones tecnológicas de una alta calidad para la producción industrializada y automatizada de los diferentes componentes de este sistema constructivo.

DURAPANEL consiste en un sistema industrializado integral, monolítico y homogéneo con propiedades térmicas y acústicas, mejorando la calidad constructiva para muros, fachadas, losas y escaleras.

El sistema constructivo contiene paneles producidos en poliestireno expandido con una estructura interior de acero galvanizado y conectores electrosoldados, reemplazando los tipos de construcciones convencionales, como muros en mampostería, estructuras en concreto armado, encofrados y armaduras.

El panel ondulado de poliestireno expandido, tiene adosadas en ambas caras malla de acero vinculadas entre sí mediante 82 conectores³ electro soldados por metro cuadrado de superficie. El espesor del alma de poliestileno expandido puede variar desde 4cm hasta 40cm, en función de las necesidades del proyecto constructivo.

Las mallas son de acero galvanizado de alta resistencia, con tensión mínima de 700MPa, conformadas por barras de diámetro mínimo de 2.0mm con una separación media de 6.50 por 6.50cm, estos diámetros se pueden cambiar de acuerdo al parámetro dado por el diseño estructural del proyecto constructivo.

³ Los conectores son las uniones que se requieren en las mallas, para unificar los elementos del panel.

Con esta estructura constituida entre el panel en poliestireno y las mallas electrosoldadas se le aplica la constitución del mortero⁴ que puede variar desde 20mm hasta 35mm dependiendo el tipo de proyecto constructivo y requerimientos. Estas características están descritas en el Manual Técnico del sistema *DURAPANEL* elaborado por Industrial Concreto, la cual es la empresa autorizada y con licencia para la implementación de este sistema, autorizada por EMMEDUE la empresa dueña de esta licencia.

En Colombia Concreto es una empresa constructora con una experiencia de 35 años realizando proyectos del país en vías, infraestructura, iniciativas privadas, vivienda, etc; con su trayecto esta empresa tiene una división llamada Industrial Concreto la cual desarrolla el sistema *DURAPANEL* en el país, implementado este sistema desde hace 5 años con proyectos los cuales se relacionan algunos de ellos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Proyectos construidos a lo largo del país en DURAPANEL

NOMBRE DEL PROYECTO	TIPO	UBICACIÓN	M2 DE DURAPANEL CONSTRUIDOS
UNIDAD INDUSTRIAL TORCOROMA	INDUSTRIAL	LA ESTRELLA (ANTIOQUIA)	11.400
BODEGA BAXTER	INDUSTRIAL	CALI (VALLE DEL CAUCA)	5.200
CENTRO COMERCIAL SAN DIEGO	COMERCIAL	MEDELLIN (ANTIOQUIA)	5.000
CENTRO COMERCIAL CENTRO MAYOR	COMERCIAL	BOGOTA (CUNDINAMARCA)	1.000
CENTRO COMERCIAL SAN NICOLAS	COMERCIAL	RIONEGRO (ANTIOQUIA)	1.800
FALABELLA	COMERCIAL	MEDELLIN (ANTIOQUIA)	5.500
HOTEL PAVILLION	COMERCIAL	BOGOTA (CUNDINAMARCA)	2.000
HOTEL DON PEDRO	COMERCIAL	YOPAL (CASANARE)	6.000
CLINICA EL SAGRADO CORAZON	INSTITUCIONAL	MEDELLIN (ANTIOQUIA)	5.468

⁴ La composición de un mortero es arena de granulometría controlada y humedad siempre inferior al 1%, cemento portland según proveedor con dosificación 1:4 y los aditivos que correspondan.

CLINICA SAN MARCEL	INSTITUCIONAL	MANIZALES (CALDAS)	5.000
COLISEO DITAIRES	INSTITUCIONAL	ITAGUI (ANTIOQUIA)	6.000
DIRECCION GENERAL BANCOLOMBIA	INSTITUCIONAL	MEDELLIN (ANTIOQUIA)	5.000
EDIFICIO TRES PARQUES	VIVIENDA	BOGOTA (CUNDINAMARCA)	4.600
TORRE MANTIS	VIVIENDA	SABANETA (ANTIOQUIA)	20.995
EDIFICIO 85 URBANO	VIVIENDA	BOGOTA (CUNDINAMARCA)	1.300
CASA ALTO DE LAS PALMAS	VIVIENDA	MEDELLIN (ANTIOQUIA)	1.000

Como se puede evidenciar el sistema constructivo *DURAPANEL* ya tiene una trayectoria constructiva en sus pocos años de implementación en el país, pero aún no tiene una muy buena acogida puesto que se siguen implementando sistemas constructivos tradicionales que son la competencia directa a este sistema.

Por eso este proyecto plantea realizar un análisis costo/beneficio, para así mostrar las ventajas de estos sistemas constructivos nuevos, para que ayuden el potencial constructivo del país en mejores rendimientos a un menor tiempo y un menor costo de las construcciones tradicionales que se ejecutan a lo largo del tiempo.

De tal manera que se pueda evaluar la implementación de este sistema, comparándola con el uso de los sistemas constructivos tradicionales para así poder impulsar aún más el uso de este sistema en el país y que las empresas involucradas en construcción puedan tomar una decisión más fácil con la implementación del sistema *DURAPANEL* para un proyecto constructivo.

Con este método se podrían tomar los costos y los beneficios en una medida de medición monetaria para así poderla comparar directamente, pero para poder implementarlo se debe tener claro que cada análisis que se haga es depende de los pasos a desarrollar para así tener clara la decisión a tomar.

Por eso se realizara el análisis costo/beneficio con un proyecto con un sistema convencional comparándolo con el sistema industrializado *DURAPANEL*, para así tomar una decisión y mirar la rentabilidad que puede generar el uso del *DURAPANEL* para un proyecto constructivo.

Para poder realizar este análisis se reunirán los factores importantes y relevantes para la comparación de ambos sistemas, analizando los rendimientos

constructivos, los costos y las ventajas que tiene cada sistema; de tal manera que al final se pueda monetizar y se pueda ver cual rentabilidad es mejor para la implementación en un proyecto de vivienda, comercio o construcciones institucionales e industriales.

5. METODOLOGIA

Para el desarrollo del proyecto se tendrá una perspectiva de investigación cuantitativa, en donde por medio de valores se pueda identificar las características necesarias para el análisis a evaluar, por medio de un tipo de investigación explicativa basada en las construcciones viables para este sistema constructivo.

La evaluación del sistema de construcción *DURAPANEL* se llevara a cabo una metodología por la cual se realizara la investigación y el análisis informativo con todo lo relacionado al sistema y su entorno, para después reunirla para un proyecto con un sistema tradicional comparándolo con el sistema *DURAPANEL* y así por medio de un análisis costo/beneficio evaluar la rentabilidad de ambos sistemas para ver la implementación en un proyecto constructivo. Por tal motivo este proyecto se desarrollara en las siguientes etapas:

- 1) Se realizara la recopilación de la información técnica del sistema *DURAPANEL*, en el cual se mostrara sus características, materiales, modo de instalación, descripciones graficas del sistema y toda la información pertinente que permita explicar de una manera completa que es y cómo se utiliza el sistema constructivo *DURAPANEL*. Se utilizaran los siguientes medios para el desarrollo de esta etapa:
 - Se mostrara más detalladamente *DURAPANEL* de manera descriptiva e imágenes, el paso a paso del sistema constructivo. Además imágenes descriptivas de los materiales empleados y herramientas a emplear.
- 2) Con la información técnica recopilada se llevara a cabo un análisis enfocando en el cumplimiento y las restricciones que tiene este sistema con la Norma Colombiana de Sismo Resistencia (NSR-10), la cual se encuentra en vigencia para la construcción en el país. Para el desarrollo del sistema este es un análisis necesario, ya que se debe tener claro las restricciones que puede tener el sistema constructivo para un proyecto de vivienda, comercial, institucional e industrial. Se utilizaran los siguientes medios para el desarrollo de esta etapa:
 - Se realizara la consulta del aval ante la normatividad con la empresa encargada de *DURAPANEL*, se indicara descriptivamente las restricciones y el cumplimiento que tenga el sistema frente a la NSR-10.

- 3) Teniendo la información técnica del sistema constructivo y con las restricciones que establece la NSR-10, se mostraran las ventajas y beneficios que tiene el uso de *DURAPANEL* para proyectos de vivienda, comerciales, institucionales e industriales. Así de este modo se realiza una comparación de este sistema con uso de los sistemas constructivos convencionales en donde se tendrán en cuenta la variable tiempo en cuanto al rendimiento de cualquier proyecto y a su vez el costo en el cual se puede llegar a ser beneficiario al emplear este sistema para el desarrollo de un proyecto. Se utilizaran los siguientes medios para el desarrollo de esta etapa:
- Por medio de análisis descriptivos se pondrá en evidencia las ventajas del sistema constructivo.
 - Se realizaran tablas de datos en donde se evidencie el rendimiento en tiempo y costos del sistema *DURAPANEL* comparándolo con un sistema tradicional.
- 4) Finalmente se determinara el costo/beneficio del sistema *DURAPANEL* para así de este modo evaluar el uso de este sistema para una empresa del sector de la construcción ante un proyecto de vivienda, comercial, institucional e industrial; para que con este sistema las empresas tengan en su departamento técnico una nueva herramienta constructiva que les permita llevar a cabo rendimientos satisfactorios en cuanto al tiempo de ejecución de la obra y el costo de la misma. Se utilizaran los siguientes medios para el desarrollo de esta etapa:
- Por medio de una comparación para ambos sistemas se determinara el costo/beneficio del sistema *DURAPANEL* monetizándolo para así poder determinar la rentabilidad de un proyecto y comparándolo con la rentabilidad de un sistema constructivo convencional.

6. RESULTADOS Y ANALISIS

6.1. Procedimiento constructivo *DURAPANEL*

Hasta el momento se ha hablado muy generalmente de *DURAPANEL* algunas características técnicas de los materiales y como es constituido. Pero no se ha explicado en que consiste su proceso constructivo y de que depende.

Para el uso de *DURAPANEL* se debe tener claro que el sistema alterna muy bien con la combinación de elementos estructurales y que reemplaza el uso de la mampostería estructural, utilizada habitualmente en la construcción por sistemas constructivos convencionales.

De tal manera que se explicara como es este proceso, como inicia y como se empieza a combinar todos los elementos para poder entregar terminado en su estructura un proyecto constructivo ya sea de vivienda, comercial, institucional e industrial. A continuación se explica el proceso constructivo:

REPLANTEO:

Se realiza la ubicación de los ejes constructivos sobre los cuales se pararan los muros del proyecto, marcándolos e indicando los espesores de los muros sobre los cuales se trabajara; guiándose del diseño y el tipo de espesor diseñado para el proyecto.

COLOCACION DE ESPERAS:

Después del replanteo se procede a la colocación de esperas, los cuales son elementos anclados a las placas y sobre los cuales se guía la colocación de los muros colocándoles en el piso y en el techo donde termina el muro. Estas deben tener una resistencia del acero de $f_{yc} = 100\text{MPa}$ en donde deben ser ancladas 10cm a la placa y de la placa al muro deben sobresalir 40cm para después ser atadas al panel del muro.

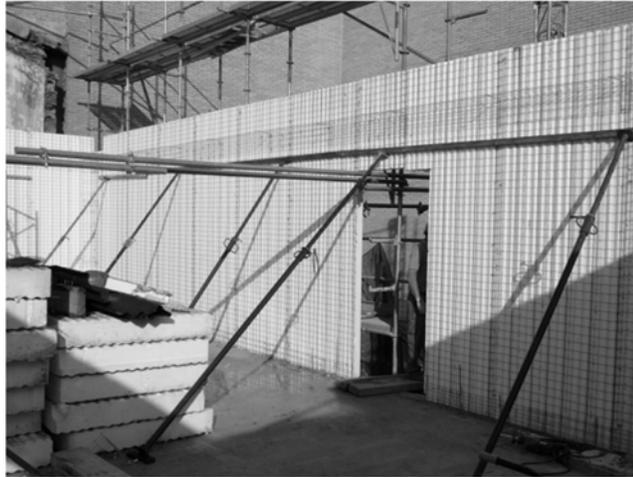
Grafica 1. Instalación de esperas. (Tomadas de la Memoria Técnica DURAPANEL)



APLOMADO DE MUROS Y APUNTALAMIENTO:

Para la instalación de los muros en *DURAPANEL* es necesario darle una correcta alineación longitudinal del muro, y apuntalar hasta un elemento rígido con tubos en acero y secciones en escuadra en donde antes de colocar los muros se verifica la correcta alineación de los mismos.

Grafica 2. Apuntalamiento de muros. (Tomada Memoria Técnica DURAPANEL)



Los paneles de los muros también se pueden montar en el suelo atando y uniendo los conectores a las mallas con el poliestireno, previamente se realizan los cortes necesarios de los vanos de las ventanas y puertas necesarias para los muros.

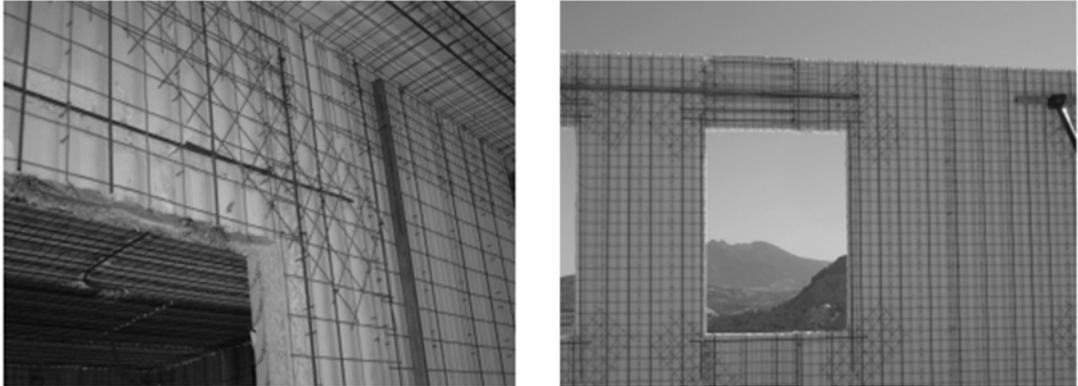
Grafica 3. Montaje de los muros en el piso. (Tomada Memoria Técnica DURAPANEL)



COLOCACIÓN DE MALLAS ANGULARES Y PLANAS DE CONTINUIDAD Y REFUERZO DE MONTAJE:

Se realiza la instalación de las mallas alternas para la superficie construidas del mismo acero que las mallas de refuerzo para los paneles con un límite de fluencia $> 600\text{MPa}$ con las cuales se hacen los refuerzos en zonas en donde la estructura del panel requiere de mayor resistencia como lo son los vanos de las ventanas o puerteadas. Estos refuerzos quedan debidamente amarrados y conectados conjuntamente con el panel.

Grafica 4. Refuerzos con mallas angulares. (Tomada Memoria Técnica DURAPANEL)



PREPARACIÓN DEL MORTERO INDUSTRIAL:

Después de la colocación e instalación del muro con todos los conectores y refuerzos necesarios, a partir de ahí se realiza la preparación del mortero según las características establecidas previamente por diseño, con la cantidad de agua, arena y cemento establecidas previamente.

Después se prepara el equipo con el cual se hará la aplicación del mortero a los paneles, con estas máquinas se inicia el mortero lanzado a lo largo de los paneles, pero deben tener una capacidad de caudal mínimo de 18 litros/minuto con una dosificación de 250 litros/hora; en las cuales dependiendo las labores se ampliara en su caudal y con la cual se realizara el mortero lanzado.

Así de esta manera se aplica la mezcla del mortero a todos los paneles constructivos.

Grafica 5. Mortero lanzado. (Tomada Memoria Técnica DURAPANEL)



ALISTADO Y AFINADO DE MUROS:

Después de tener los muros con el mortero lanzado se realiza el afinado de los muros, un procedimiento manual en el cual se realiza el detalle para que la superficie de los muros quede completamente lisa sin imperfecciones, fisuras o rugosidades y así de esta manera se deja al muro listo solo para pintura.

Grafica 6. Afinado y acabado final (Tomada Memoria Técnica DURAPANEL)



6.2. Viabilidad por la Norma Colombiana Sismo Resistente del 2010 NSR-10:

Para poder demostrar la funcionalidad del sistema constructivo *DURAPANEL*, se debe determinar la viabilidad constructiva en el país; si es útil y sobre todo si cumple con todas las restricciones y normas que existen en la actualidad en el país.

En Colombia existe una norma constructiva de obligatorio cumplimiento para los constructores del país y sin ella no se le dará viabilidad a la ejecución de ninguna construcción del país.

Esta norma es la llamada comúnmente NSR – 10, que quiere decir la Norma Colombiana de Sismo Resistencia del 2010; esta norma fue desarrollada y elaborada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) en conjunto con ingenieros del país. También es supervisada por la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes creada por la Ley 400 de 1997, ente regulado directamente por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Con esta normatividad se da el aval para las construcciones en el país y se revisa detalladamente por las curadurías urbanas quienes son las encargadas de dar las licencias de construcción, el cumplimiento de la norma para cada proyecto independientemente que sea cualquier sistema constructivo.

En el país *DURAPANEL* ha venido trabajando y enfocando el sistema para el cumplimiento total de la NSR-10, en la cual hasta el momento no está descrito como tal este sistema constructivo. Es por eso que se le pidió el aval a la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), para que realice el estudio de la NSR-10 y presente un concepto de cumplimiento con el sistema *DURAPANEL*.

La (AIS) le respondió a la empresa Industrial Concreto quien es la única con aprobación y con derechos comprados de los creadores de *DURAPANEL*, anteriormente mencionados para el uso y comercialización en el país de este sistema.

En consulta con el Arquitecto Eduardo Carreño representante del Sistema *DURAPANEL* con Industrial Concreto, explico puntualmente la respuesta dada por la AIS para el cumplimiento de la NSR-10:

“El Ingeniero Luis Enrique Aycardi Presidente de la AIS, nos respondió de una manera clara por el aval de la norma, él nos dice que la comisión considera que no es necesario dar ningún aval, ya que el sistema constructivo en mención está cubierto por el Reglamento NSR-10, pues se trata de elementos de concreto reforzado consistentes en dos muros de concreto reforzados con malla electrosoldada y separados por un panel en poliestireno expandido y vinculados con conectores. Pero si se advierte que los elementos de concreto deben cumplir con todos los requisitos de muros de concreto indicados en el título D de la NSR-10, con especial cuidado en las cuantías de refuerzo, los requerimientos mínimos de concreto de los refuerzos y los espesores mínimos que se evaluarán con la suma de dos muros adyacentes, siempre y cuando existan los conectores”

Esta afirmación dada por Carreño, en donde aclara que está bajo documento privado de la empresa y que muestra si las personas interesadas en construir con el sistema tienen esta inquietud, de que el sistema *DURAPANEL* cumpla con la NSR-10.

6.3. Beneficios del *DURAPANEL* y comparación con otro sistema:

El sistema constructivo *DURAPANEL* a parte que es innovador y ofrece otra alternativa constructiva a las empresas, también tiene ciertos beneficios, que a la hora de un proyecto grande puede representar grandes beneficios para una constructora. Puesto que actualmente y al mercado dirigido al que va *DURAPANEL* como lo son los proyectos de vivienda, comerciales, institucionales e industriales; cada día salen grandes proyectos y genera la posibilidad de que los constructores busquen más alternativas constructivas.

Con el sistema *DURAPANEL* se tiene una gran alternativa constructiva que genera grandes beneficios para las empresas constructoras, a continuación se enlistan los beneficios a los que se puede llegar con este sistema:

- **Construcciones livianas:**

Con *DURAPANEL* se puede tener un tipo de construcción liviana, puesto que este sistema baja considerablemente el peso de la estructura de cualquier proyecto con los materiales que maneja, ya que el poliestireno pesa menos que un muro completo en concreto reforzado. Y al bajarle peso a la estructura también se reduce la cimentación del proyecto, ya que no es necesario hacer una cimentación para una estructura de gran peso, en la cual se empleen pilotes o zapatas de grandes dimensiones que puedan soportar el gran peso con el cual puede ser diseñado un proyecto en concreto y con muros en bloque. Hasta el momento y con las investigaciones que se han realizado, la estructura de un proyecto con *DURAPANEL* puede reducir su peso en un 50% con una estructura en concreto reforzado y con mampostería tradicional.

- **Muros térmicos:**

Con el uso del poliestireno en los paneles, convierten un ambiente térmico dentro de cualquier proyecto ya que con este material se puede conservar el clima dentro de un espacio, ya sea en clima caliente o clima frío y esto genera la disminución del uso de elementos como el aire acondicionado, ventiladores, etc; dependiendo el clima en el cual se encuentre el proyecto generándole un excelente confort al interior de cualquier espacio construido en *DURAPANEL*.

- **Muros Acústicos:**

También se puede generar una construcción con un aislante térmico con el material de poliestireno dentro de los paneles constructivos, quitando esos ruidos molestos que se pueden generar en el entorno de una casa, o edificación y que generan molestias en el bienestar de las personas.

- **Resistencia en los muros:**

Los muros también generan resistencia sin necesidad de estar contruidos por completo en concreto reforzado; los muros en *DURAPANEL* tienen la capacidad de resistir un elemento lanzado a 160 Km/h en pruebas de impacto. Esto se puede ver en un link de YouTube indicado en la bibliografía del artículo.

- **Capacidad de carga de los muros:**

Los muros en *DURAPANEL* tienen una capacidad de carga de hasta 600 Kg/cm².

- **Rendimiento de obra:**

Con el sistema constructivo *DURAPANEL* se puede tener un mayor rendimiento y una ejecución de obra más rápida de un proyecto este

rendimiento puede estar entre un 40%-60% a comparación de otros sistemas constructivos tradicionales.

Para un mejor análisis a continuación se realiza una comparación entre el sistema *DURAPANEL* y la mampostería en Bloque de arcilla pañetado un Sistema constructivo Convencional.

Para esta comparación se realizó el Análisis de Precios Unitarios entre los dos sistemas mostrando el costo de cada sistema y su precio de venta con una rentabilidad del 25%; en los cuales se indican los elementos que necesita cada uno de los dos:

Tabla 2. Análisis de Precios Unitarios (APU) Muro en Mampostería con bloque y pañete.

ITEM	UNIDAD	CANT	V. UNITARIO	V. TOTAL
Mampostería en bloque y pañete	M2			
BLOQUE ESTRUCTURAL DE PERFORACION VERTICAL	UND	12,5	\$ 750,00	\$ 9.375,00
MORTERO DE PEGA	M3/M2	0,01	\$ 2.000,00	\$ 20,00
PAÑETE	M3/M2	0,7	\$ 35.000,00	\$ 24.500,00
COLUMNETAS, DINTELES Y VIGAS DE AMARRE	M2	1	\$ 21.288,80	\$ 21.288,80
MANO DE OBRA (3 AYUDANTES)	M2	0,8	\$ 35.000,00	\$ 28.000,00
TRANSPORTE HORIZONTAL	M2	1	\$ 4.049,00	\$ 4.049,00
PLUMA	DIA	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
OPERARIOS PLUMA	M2	0,2	\$ 25.000,00	\$ 5.000,00
HERRAMIENTA MENOR	M2	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
ALMACEN	M2	1	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
TOTAL	M2			\$ 118.732,80
			PRECIO DE VENTA (Rentabilidad 25%)	\$ 148.416,00

Tabla 3. Análisis de Precios Unitarios (APU) Muro en DURAPANEL.

ITEM	UNIDAD	CANT	V. UNITARIO	V. TOTAL
DURAPANEL	M2			
PANEL	M2	1	\$ 24.850,00	\$ 24.850,00
ACCESORIOS - MALLA	M2	0,4	\$ 9.327,00	\$ 3.730,80
MORTERO 1:4	M3	0,18	\$ 290.000,00	\$ 52.200,00
ACERO	KG	0,2	\$ 2.500,00	\$ 500,00
ALAMBRE	KG	0,4	\$ 2.800,00	\$ 1.120,00
EPOXICO	UND	0,1	\$ 37.120,00	\$ 3.712,00
MANO DE OBRA (3 OBREROS)	M2	0,45	\$ 35.000,00	\$ 15.750,00
EQUIPO LANZADO	M2	0,1	\$ 55.000,00	\$ 5.500,00
ANDAMIOS	UND	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
HERRAMIENTA MENOR	M2	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
ALMACEN	M2	1	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
TOTAL	M2			\$ 123.362,80
			PRECIO DE VENTA (Rentabilidad 25%)	\$ 154.203,50

Como se puede ver en las dos tablas anteriores el sistema constructivo DURAPANEL es más costoso pero representan más beneficios a la hora de elegir para un constructor, en donde se puede tener una mejor opción constructiva y una alternativa más para proyectos constructivos modernos.

6.4 Análisis Costo/Beneficio DURAPANEL:

Como se pudo ver en la comparación anterior entre los dos sistemas constructivos, el APU del *DURAPANEL* nos muestra un costo mayor a comparación del otro sistema pero también se evidencio los beneficios que se pueden llegar a tener con este sistema.

Pero para ir más al detalle de la comparación de ambos sistemas, se realiza un análisis costo/beneficio comparando ambos sistemas pero ya llegando a un punto más alto en donde por medio de un proyecto se puedan encontrar grandes diferencias en los costos que pueden ser representativas para la elección del sistema por una empresa constructora.

Para este análisis se tomara como referencia la construcción de 12.000m² de muro, distribuidos a lo largo de una construcción; pero la referencia es que esta la cantidad puede estar representada en un edificio en un edificio de 3 pisos.

Para la construcción de estos m² de muro el tiempo establecido máximo es de 6 meses, teniendo en cuenta que para cualquiera de los dos sistemas la rentabilidad para la constructora o su costo de oportunidad es de 25%.

De tal manera que con estas condiciones se desarrollan dos flujos de caja utilizando los valores de los APU anteriormente descritos para poder ver la proyección de los 12 meses para ambos sistemas, a continuación se explican los flujos de caja:

Muro en Sistema Convencional (Mampostería en Bloque y Pañete):

Con los datos del APU se puede ver claramente la diferencia entre los costos que emplea la Mampostería y la rentabilidad que se tiene para su precio de venta por Metro Cuadrado.

También se deben tener en cuenta los gastos de administración que siempre van a estar presentes y que para este caso será diferenciados mes a mes, estos gastos de administración serán de \$2.500.000, que implican el manejo del personal y algunos gastos para el funcionamiento de los trabajos mensuales.

Con la mampostería se tiene un plazo de ejecución de los seis meses completos puesto que su rendimiento hace que se llegue a la construcción en seis meses.

Tabla 4. Flujo de Caja para Mampostería.

MAMPOSTERIA	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
METROS CUADRADOS DE MURO	2000	2000	2000	2000	2000	2000
VALOR METRO CUADRADO MURO	\$ 148.416,00	\$ 148.416,00	\$ 148.416,00	\$ 148.416,00	\$ 148.416,00	\$ 148.416,00
INGRESOS	\$ 296.832.000,00	\$ 296.832.000,00	\$ 296.832.000,00	\$ 296.832.000,00	\$ 296.832.000,00	\$ 296.832.000,00
COSTOS MAMPOSTERIA	\$ 237.465.600,00	\$ 237.465.600,00	\$ 237.465.600,00	\$ 237.465.600,00	\$ 237.465.600,00	\$ 237.465.600,00
ADMINISTRACION	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00
FLUJO DE CAJA	\$ 56.866.400,00	\$ 56.866.400,00	\$ 56.866.400,00	\$ 56.866.400,00	\$ 56.866.400,00	\$ 56.866.400,00

Con este flujo de caja en donde están involucrados los costos de la mampostería, los gastos de administración y los ingresos por venta; se puede ver la distribución mes a mes. En este flujo de caja aún no están contempladas los impuestos y depreciaciones que pueden tener las máquinas, puesto que es en tan solo seis meses que se pueden presentar resultados en los cuales podemos realizar varias comparaciones.

De esta manera se puede ver que las ganancias sumando los seis meses nos arroja un resultado de \$ **341.198.400,00**.

Muro en Sistema Industrializado (*DURAPANEL*):

Como con la mampostería también se evidencio anteriormente el APU por Metro Cuadrado en *DURAPANEL*, en él no se tomaron costos como las columnetas, dinteles ni vigas de amarre; ya que para este sistema estos elementos no son necesarios, de igual manera se mostró la rentabilidad igual que la mampostería en el precio de venta.

Para el *DURAPANEL* se tuvieron en cuenta unos gastos de administración menores a la mampostería, puesto que para este sistema implica menos personal y menos gastos de administración de tal manera que se tuvo en cuenta unos gastos administrativos de \$ 2.000.000.

Con *DURAPANEL* como se mencionó anteriormente los rendimientos disminuyen de un 60%-40% varía dependiendo el proyecto, pero para este caso se tomó en cuenta una disminución en un 50%, es por eso que el flujo de caja que se muestra a continuación se realizó para tres meses a diferencia de la Mampostería.

Tabla 5. Flujo de Caja para DURAPANEL.

DURAPANEL	MES 1	MES 2	MES 3
METROS CUADRADOS DE MURO	4000	4000	4000
VALOR METRO CUADRADO MURO	\$ 154.203,50	\$ 154.203,50	\$ 154.203,50
INGRESOS	\$ 616.814.000,00	\$ 616.814.000,00	\$ 616.814.000,00
COSTOS DURAPANEL	\$ 493.451.200,00	\$ 493.451.200,00	\$ 493.451.200,00
ADMINISTRACION	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
INVERSION (20%ANTICIPO)			
FLUJO DE CAJA	\$ 121.362.800,00	\$ 121.362.800,00	\$ 121.362.800,00

Así mismo como con la Mampostería en este flujo de caja no se tuvo en cuenta los impuestos, ni depreciaciones se pueden evidenciar los costos y los ingresos de los 12.000m² de muro proyectados. Totalizándolo para el total de los tres meses de ejecución nos arroja un valor de \$ **364.088.400,00.**

7. CONCLUSIONES

- El sistema *DURAPANEL* es un sistema innovador con el cual los constructores tienen una alternativa para proyectos de vivienda, comercial, institucional e industrial. Con este sistema se tiene un tipo de construcción limpio en el cual casi no hay desperdicios, que a comparación de un sistema tradicional pueden llegar a casi un 8%-10% de desperdicios puesto que se utilizan muchos más materiales a comparación que el *DURAPANEL*.
- También se mostraron los beneficios que tiene la utilización del sistema *DURAPANEL* como por ejemplo lo térmico y lo acústico, beneficios que quieren mejorar el confort dentro de las construcciones para las personas, algo que cada día las personas quieren mejorar sus condiciones, mejorar su calidad de vida dentro de los espacios que habitan.
- Como se pudo ver en los Análisis de Precios Unitarios, el sistema convencional o tradicional requiere de más materiales, equipos y mano de obra para la ejecución de los trabajos, comparándolo con el sistema *DURAPANEL* se reducen y hacen que el precio sea menor; pero de igual manera no hay diferencias significativas puesto que sus costos están muy cercanos.
- En el análisis de costo/beneficio con la elaboración de los flujos de caja, los cuales se tomaron los costos de los APU, ingresos por venta y los gastos administrativos se pudieron mostrar resultados para determinar qué sistema es la mejor opción. Con este análisis se pudieron ver resultados significativos en donde para ambos sistemas se planteó la construcción de 12.000M² de muros, en donde con el sistema *DURAPANEL* se pudo ver que el tiempo de construcción o rendimiento se reduce a la mitad y las ganancias son mejores a comparación del Sistema Tradicional y en menor tiempo de construcción, sumado a esto trae mejores beneficios lo cual nos muestra, que el Sistema *DURAPANEL* es una muy buena alternativa para proyectos de vivienda, comercial, institucional e industrial; que pueden usar los constructores del país.

8. BIBLIOGRAFIA

Baustista Baquero, M.A. (2007). Gerencia de proyectos de construcción inmobiliaria: fundamentos para la gestión de la calidad. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Buscador de Arquitectura, SA de CV (2012). <http://www.arq.com.mx>

Buscador de Arquitectura. <http://www.documentos.arq.com.mx>

Castaño Quintero. B.E. (2009). Programación y Control de Proyectos de construcción utilizando Microsoft Project. Estudio de Caso: Vivienda de Interés Social. Bogotá: Publicaciones Unisalle.

Consuegra, J.G. (2002). Presupuestos de construcción. Bogotá: Bhandar Editores.

CYPE Ingenieros, S.A. (2012). Biblioteca de detalles constructivos.

<http://detallesconstructivos.mx.cype.com/CSL.html>

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/leccin_19_en_concreto_fundido_en_sitio.html

http://es.mdue.it/files/2012/06/catalogo_M2_esp.pdf

<http://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>

http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf

MENDEZ, Rafael. Formulación y Evaluación de Proyectos. Icontec Internacional, 2012

SAPAG Chain Nassir, Preparación y Evaluación de Proyectos. Mcgrahill.

WESTON Y COPELAND, Finanzas en Administración. Mcgrahill. Tercera Edición en Español.

<http://www.asosismica.org.co/?idcategoria=1051>

Congreso Nacional de la Republica de Colombia, Ley 400 de 1997.

<http://www.youtube.com/watch?v=NBU6-EdjAwM> (pruebas de resistencia a muros en *DURAPANEL*)

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), Norma Colombiana de Sismo Resistencia del 2010.

Industrial Concreto, Memoria Técnica *DURAPANEL*.