



CIENCIA Y SOCIEDAD
Volumen XXXIII, Número 4
Octubre-Diciembre 2008

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO DE
ASIGNACIÓN DIRECTA Y EL DE OPTIMIZACIÓN PARA LA
CUANTIFICACIÓN DEL REFUERZO LEVANTADO EN LOS
APOYOS EN PLACAS SÓLIDAS Y SU EFECTO EN LA
GENERACIÓN DE DESPERDICIOS

(Analytical comparison between the Direct Assignment and the
Optimization methods for the quantification of the in situ concrete
reinforcing processes and its effect in construction waste reduction)

Martín Abbott*
Tulio Rodríguez**

RESUMEN

La magnitud de los proyectos en la actualidad y los costos financieros de las inversiones para desarrollarlos son factores que han contribuido con la búsqueda o apropiación de una cultura de hacer empresa profesional con mayor eficiencia en todos los aspectos. La industria de la construcción crece imponentemente y también sus costos. Este sector se sustenta fundamentalmente, entre otros rubros, de hormigón y acero de refuerzo. Dependiendo de las características de los proyectos estos últimos pueden representar una considerable porción de los costos. Por tanto cada vez es más imperiosa la necesidad de “afinar” los análisis unitarios con métodos que permitan iguales o mejores resultados de los proyectados con el menor desperdicio.

El armado tiene varios métodos de análisis para fines de costos y cuantificación en ejecución de obra. Los más utilizados son el Método de Asignación Directa y el Método de Optimización. En este artículo se plantea el resultado de un estudio comparativo para identificar fundamentalmente dos aspectos tan relevantes como son cuál de los dos apropia el algoritmo que más se aproxima a la gestión del armado in situ durante la ejecución de la obra, y cuál método arroja menos desperdicios.

* Coordinador Carrera Ingeniería Civil de INTEC, Santo Domingo, República Dominicana
mabbott@intec.edu.do

**Profesor Carrera Ingeniería Civil de INTEC, Santo Domingo, República Dominicana
tuliorodriguez2@yahoo.com



ABSTRACT

Today's recently outgrowing construction industry and venture developing financial rates have been the principal issues to create an overcoming new culture of all-aspects proficiency enterprises. Bigger construction generates an equivalent increment of costs. Concrete mixtures and steel rebar are the most influential issues within this sector, and most of the time, they can represent outstanding proportions of the total budget. This is why it is so imperative to "tune up" cost analysis based on alternate methods tending to improve efficiency in order to obtain similar or better waste less results compared to the projected.

Reinforcement labor and material estimation could be obtained by diverse quantification means, where Direct Assigning Method and Optimization Method are the more often used. This paper brings up a full comparison between these two methods considering two primary aspects: nearest result to in site concrete reinforcing processes and construction waste reduction.

TÉRMINOS CLAVES

Losas Convencionales de Hormigón Armado, Acero Estructural, Cuantificaciones, Método de Asignación Directa, Método de Optimización, Desperdicio, Medios Auxiliares.

KEYWORDS

Conventional reinforced concrete slabs, steel rebar, quantity surveying, direct assigning method, optimization method, waste generation, auxiliary construction rebar.

Generalidades

Uno de los aspectos más determinantes para la materialización de un proyecto de construcción es el costo. Los ingenieros civiles realizan estimaciones antes de la ejecución del proyecto. Se documenta un pliego de informaciones del proyecto y de sus costos que se denomina "Presupuesto". Lograr resultados menores o iguales a un 3% entre el valor real al finalizar el proyecto y el costo estimado representa una de los desafíos del desarrollo del mismo.

Una serie de acontecimientos regionales y globales advierten grandes retos en el ámbito profesional. La perspectiva compele a innovar y a aplicar nuevas metodologías que respondan satisfactoriamente a las demandas que el sector exige al ingeniero.

Durante los últimos años se ha incrementado significativamente la magnitud de los proyectos. Cada vez son más relevantes en su arquitectura y su estructura y concomitantemente también se ha verificado un crecimiento de la inversión. Este escenario invoca una mayor atención a la formulación presupuestaria tanto para la planeación de la obra como para su control.

Se sabe que entre un 35% y un 60% del valor de muchos proyectos que se ejecutan en la actualidad es destinado a las partidas de hormigón armado. Sobra decir que es obligatorio hacer especial énfasis en el modo de conducir los análisis de las partidas que le integran, y sobre todo, al momento de realizar una diagramación unitaria óptima de las cuantías para evitar pérdidas onerosas al momento de su ejecución y/o en su negociación.

En la actualidad existen múltiples formas de analizar y realizar estimaciones del armado pero dos métodos son los más aplicados o conocidos en nuestro país. Se conoce por una parte el método de Asignación Directa, que es el más antiguo, y consiste fundamentalmente en considerar la longitud de los elementos estructurales de forma directa y afectarla, según la experiencia o recomendaciones particulares, con un porcentaje de desperdicio. Este método se maneja con cálculo sencillos, pero con la desventaja que no resulta lo bastante documentando en cuanto a la certeza de sus resultados. No obstante se “entiende” que éste debe dar una mayor cantidad de desperdicios.

Por otra parte el método de Optimización que se basa en la correlación de las longitudes reales de la barras de acero comerciales disponibles en el mercado. Este utiliza cálculos más complejos que el anterior pero con el advenimiento de las microcomputadoras los mismos se han podido programar. Se “asume” que con este método se obtiene la menor cantidad de desperdicios posibles y que no necesariamente resulta menor en relación al método de Asignación Directa.

Concepto y Utilidad del Presupuesto

Básicamente el presupuesto pretende reflejar el costo de una obra. Es un valor aproximado que conviene establecer antes de iniciar la construcción y en conjunto persigue la menor desviación respecto a los costos de ejecución. El método para su estimación dependerá del propósito por el cual se realiza y

su nivel de exactitud variará en función de múltiples conceptos, pero fundamentalmente de la experiencia del analista y de la cantidad de informaciones y detalles que proporcionan los diseñadores involucrados en el proyecto.

En virtud del propósito un presupuesto se elabora para determinar: la prefactibilidad económica, el valor de las negociaciones y preventas, las indicaciones básicas de una adecuada programación, el plan de control del flujo financiero de la inversión, el costo de los diseños y puesta en marcha del anteproyecto, la identificación de los rubros a subcontratar como también la estrategia del control contable u otras.

Generalmente, durante la discusión de la idea de un proyecto y aún cuando no se tienen suficientes detalles de los componentes de diseño arquitectónico el cliente necesita conocer a cuánto asciende aproximadamente el valor a invertir. Es obvio que durante esta etapa sólo podemos obtener un boceto muy indefinido que se identifica como la única bandeja de datos para elaborar una estimación.

La fuente principal para alimentar un estimado descriptivo proviene de los resultados obtenidos en proyectos equivalentes ya ejecutados. Consiste en realizar una evaluación en función de una característica como: el costo por cantidad de galones de una cisterna, el costo por cantidad de parqueos de un edificio multipisos de estacionamientos, el costo por cantidad de camas de una clínica u hospital, el costo por metro cuadrado de una vivienda económica, entre otros. De una estimación descriptiva depende posiblemente que se produzca la decisión de detener o continuar el proyecto hacia una próxima fase de discusión. Muchos autores consideran esta parte como la más retardadora e importante.

El acero y su participación en el Hormigón Armado

Al momento de realizar un presupuesto se debe apuntar la mayor atención hacia las partidas de hormigón armado y tener clara conciencia de las características de las mismas. Así se puede iniciar significando que en cuanto a las losas de hormigón en edificaciones, estas pueden ser armadas con diferentes elementos de aceros. En República Dominicana los más comunes

son las mallas electro soldadas y el acero corrugado estructural de producción nacional o importado según las especificaciones de la norma ASTM A615 & A706. Existen en el país dos fabricantes que son: Industrias Nacionales (INCA) y Complejo Metalúrgico Dominicano (METALDOM).

La oferta de este tipo de producto entre ambos suplidores es muy similar. Según la resistencia a tracción éstas ofrecen el grado 40 (40,000 libras por pulgada cuadrada) y grado 60 (60,000 libras por pulgada cuadrada). Ambos producen varillas en cuatro diámetros nominales (3/8", 1/2", 3/4", 1") y cada uno de esos diámetros se puede encontrar en cuatro longitudes comerciales principales (20', 25', 30' y 40').

Los planos estructurales establecen la disposición y es necesario que el analista de costos pueda planear adecuadamente las labores del armado y defina las consideraciones y normas que rigen el diseño. En el caso de losas tendremos dos tipos de armaduras en función de su trabajabilidad: Estructural y Constructivo o Medio Auxiliar.

El acero estructural es el que asume el componente de esfuerzo a tracción en las losas sometidas a flexión pura. Los más utilizados son de barras corrugadas en grado 40 y grado 60, estos últimos definidos en función de su esfuerzo unitario admisible.

En las losas, el concreto resiste la fuerza de compresión, las barras longitudinales de acero de refuerzo colocadas cerca de la cara en tensión resisten las fuerzas de tensión, y las barras adicionales de acero especialmente dispuestas resisten los esfuerzos inclinados de tensión adicionales causados por las fuerzas cortantes en vigas y losas.

Para lograr una efectiva acción del refuerzo, es esencial que el acero y el concreto se deformen en forma conjunta, es decir, es necesario que exista una adherencia suficientemente fuerte entre los dos materiales para asegurar que no ocurrirán movimientos relativos entre las barras de refuerzo y el concreto que las cubre. Esta unión se produce por la adhesión que se produce entre ambos elementos, por la rugosidad casi imperceptible de la superficie de las barras de refuerzo laminadas en caliente y por las estrías superficiales que se le añaden en el proceso de fabricación de las barras de varillas.

El acero de refuerzo se coloca en los encofrados antes de vaciar el concreto. Los esfuerzos en el acero, al igual que en el concreto fraguado, se producen sólo por las cargas que actúan sobre la estructura. En contraste, en estructuras de concreto reforzado, se aplican altas fuerzas de tensión al refuerzo antes de que éste actúe en forma conjunta con el concreto para resistir las cargas externas.

En la colocación del acero de refuerzo, normalmente se hace necesario mantener una distancia mínima entre barras adyacentes para asegurar un colado adecuado del concreto durante el vertido. Deben evitarse espacios vacíos alrededor de las barras y es aconsejable mantener una superficie completa de contacto entre éstas y el concreto con el fin de hacer óptima la capacidad de adherencia.

Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más capas la separación mínima entre varillas en una sección no debe ser menor de 2.5 cm. para que los agregados gruesos del hormigón puedan colarse efectivamente. Las varillas de las capas superiores se deben colocar directamente encima de las que estén en las capas inferiores, también con una distancia mínima entre ambas no menor de 2.5 cm. Además se establece que la separación del refuerzo principal a flexión no debe ser mayor de 3 veces del espesor de la losa ni de 45 cm.

Otras situaciones o factores técnicos deben ser tomados en cuenta, como son: a) Los *Medios Auxiliares o Elementos Constructivos* que permiten crear las condiciones de trabajabilidad y posicionamiento necesarios de los aceros que van a asumir los esfuerzos principales durante los procesos de vaciado, curado y servicio; y b) Los medios de soportes para la facilidad de colocación como son los andamios, los cepos, etc.

Elementos Constructivos o Medios Auxiliares en Losas

Las labores de colocación del acero en losas, las instalaciones eléctricas y sanitarias (entre otras), como también, y sobre todo el vertido del hormigón generan deformaciones y desposicionamientos no deseados en el armado. Hay que observar que mientras mayor es la actividad encima de las losas mayores serán las posibilidades de producir deformaciones en la armadura.



Martín Abbott, Tulio Rodríguez: Análisis comparativo entre el método de asignación directa y el de...

Esto hace necesario la integración de elementos auxiliares o constructivos que sean capaces de imprimir a todo el armado estructural la capacidad de soportar las cargas y presiones a que estará sometido. Los más utilizados son los Amarres y los Asientos.

Los Amarres. Medio Auxiliar en la Zona Doblemente Armada

A las varillas de acero que se utilizan para fijar la armadura estructural de la losa que pasa por el apoyo se les denominan *Amarres*. Se conocen popularmente como *Perchas*. Su uso se requiere en el acero levantado (*Camellas*), en los adicionales y en la armadura corrida en la parte inferior que pasa por el apoyo. Generalmente se colocan en un espacio a un tercio de la longitud libre de la losa partiendo desde la cara del apoyo hasta el extremo del acero adicional y en dirección perpendicular a éste último.

Los Asientos en Losas de Hormigón Armado

Los *Asientos*¹ son un recurso constructivo utilizado para garantizar la correcta altura de los aceros levantados y los adicionales en los apoyos a la vez que restringen el desplazamiento vertical de estos últimos cuando son sometidos a presiones durante el desarrollo de las actividades encima de la losa hasta el vertido del hormigón.

Sobre la Cuantificación del Refuerzo en Losas

Las losas convencionales de hormigón armado, de acuerdo con Nilson-Winter, son dispositivos que se diseñan para la asimilación de esfuerzos en su superficie y se encargan de transmitirlos hasta las vigas de carga. Su condición mecánica de trabajo está condicionada por las dimensiones de sus luces y por la relación entre ellas. La losa asume las cargas en una o dos direcciones y siempre perpendicular al eje de sus vigas de sustentación.

¹ Los varilleros le denominan comúnmente *Burro*. También se les conocen como *Burriquetas*, *Calzos de Camellas*, entre otros nombres.



Las losas como las demás estructuras reforzadas están integradas por dos componentes esenciales: el hormigón y el acero. Su uso implica, de acuerdo a las características del proyecto, costos más o menos relevantes que sumados a los desperdicios, en ocasiones, resultan considerables. En el caso de los refuerzos estos desperdicios pueden afectar el presupuesto de ejecución de manera imprevista. Una cuantía con desperdicios considerables puede conducir a negativos resultados de no analizarlos óptimamente.

El tipo, cantidad, disposición y espaciamiento del refuerzo estructural se desarrolla de acuerdo a la solicitud específica de cada caso. Para poder tabular de forma organizada la cuantificación del acero se deben definir adecuadamente los criterios de borde, condición de adyacencia, espesor, apoyos y recubrimientos de losas en cada modelo y sobre todo el parámetro de referencia en el levantamiento del refuerzo en los apoyos. El proceso maneja variables como el diámetro de las barras y su longitud comercial y en términos concluyentes se afirma que el fin último es determinar los aceros que representan, en función del esquema estructural, el menor desperdicio unitario y total. Un camino de análisis indica como primer paso fijar el tipo de acero en función de su posición en la losa y su forma geométrica para el despiece.

Tipificación y Despiece

Consiste en la identificación en cada losa de los diversos elementos que la componen o que la integran, es decir, qué cantidad de acero o de refuerzo son de un tipo y qué cantidad son de otros, utilizando una simbología convencional para esto y que puede ser numérica o alfabética.

Martín Abbott, Tulio Rodríguez: Análisis comparativo entre el método de asignación directa y el de...

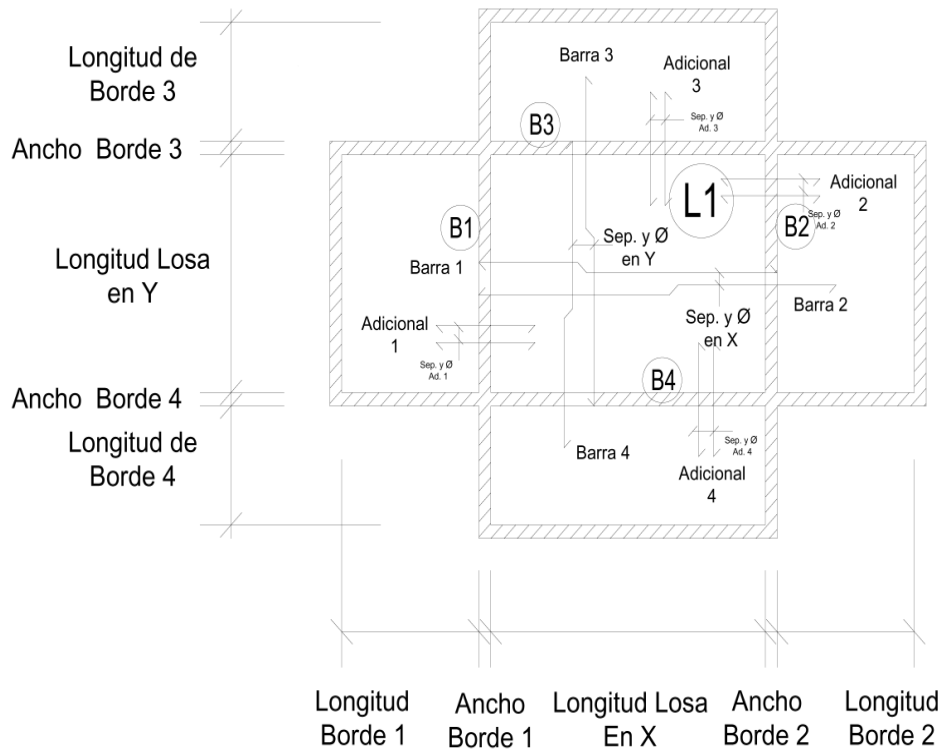


Figura 1

ESQUEMA GENERAL PARA LA TIPIFICACIÓN DEL ACERO

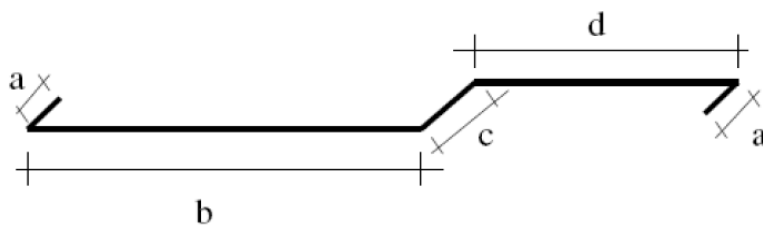


Figura 2

Criterios de Levantamiento del Acero en los Apoyos

Para definir una posición sobre el criterio de levantamiento referimos el estudio realizado sobre el punto de inflexión (ABBOTT – BENJAMIN, 2004) en el que se analizaron con el programa PX-BEN múltiples condiciones de bordes, apoyos y cargas y sus resultados tienden a la identificación de una zona más probable de ocurrencia del punto de inflexión. Mayores detalles están presentados en el apéndice 1. Las figuras más abajo destacan gráficamente lo explicado.

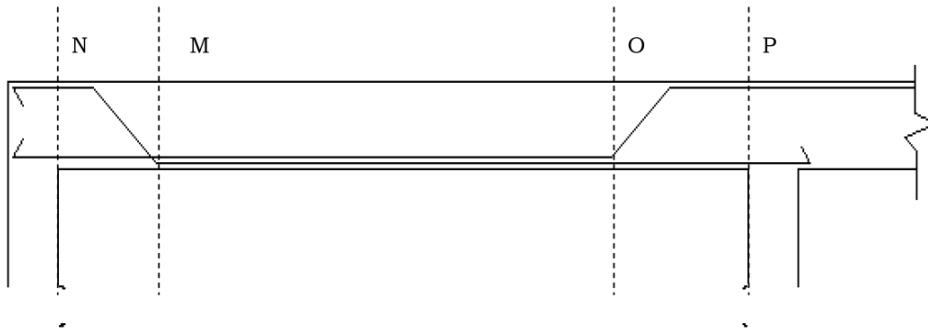
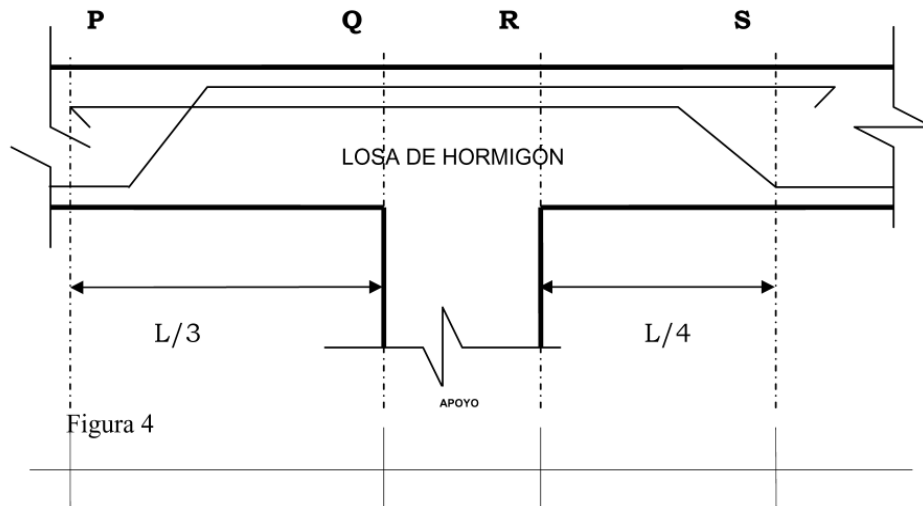


Figura 3

El criterio de levantamiento en la figura 3 y para la posición correspondiente al borde de la losa, se fija determinando $L/7$, de la luz libre entre apoyos continuos. Los puntos “M” y “N” indican que el doblado de la barra se inicia exactamente a un séptimo desde la cara interior del apoyo. El ángulo de inclinación es de 45° . Para el extremo izquierdo que los puntos “O” y “P” indican que el doblado de la barra se inicia a un quinto desde la cara interior del apoyo. El ángulo de inclinación es de 45° .



Para este detalle estamos considerando que los extremos a ambos lados del apoyo son continuos y además la barras que analizamos es la roja. Los puntos “P” y “Q” indican que la longitud que cruza la barra roja dentro de la losa 1 que es $L/3$ su longitud desde la cara interior del apoyo. El ángulo de inclinación es de 45° . Adicionalmente podemos observar en la misma figura 4 que en la posición entre los puntos “R” y “S” se indica que el doblé se inicia a un cuarto de la luz libre y desde la cara del apoyo correspondiente.

Una vez identificados los componentes de las losas se procede a hacer el despiece de cada uno de estos, separando por grupos o tipos los que son iguales.

Luego se analiza a cada uno por separado en sus longitudes reales. Esta sumatoria de medidas contempla:

- Dimensión nominal desde el centro del apoyo hasta el inicio de la camella.
- Dimensión nominal (incluida la camella) del acero camellado hasta el centro del apoyo.

- Dimensión de la camella del acero.
- Longitud de los Ganchos recomendados según espesor del acero en cuestión.

Descripción de los dos métodos para la cuantificación del acero en losas

Método de Asignación Directa

Este método considera la longitud de cada una de las barras de refuerzo requeridas según el diseño estructural (el despiece planteado anteriormente) y luego se realiza una sumatoria en unidades de longitud de cada una de las piezas para posteriormente convertir todo esto a unidades de peso (quintales). Luego que se tiene este peso inicial se multiplica por un porcentaje para considerar el desperdicio que se genera por los cortes que se hacen en obra para convertir las longitudes comerciales de la barras en las longitudes requeridas por el proyecto.

Este método tiene la facilidad que permite la compra de todo el acero en una sola longitud comercial (generalmente de 20 pies), permitiendo así mucha mayor facilidad para el manejo del mismo.

Los autores Frank Dagostino y Leslie Feigenbaum en su libro “Estimating in Building Construction” nos presentan la siguiente idea sobre cómo en los Estados Unidos se adquiere el acero:

“El acero se puede comprar en las fábricas o en ferreterías grandes y las barras requeridas se cortan y se empacan por el suplidor a requerimiento del comprador. Las barras se pueden comprar también en pequeñas ferreterías y estas generalmente vienen de una longitud de 20 pies, donde luego se cortan en la obra por el contratista. Este procedimiento es usualmente más caro e involucra un mayor desperdicio. Cuando el tiempo lo permite la barras de refuerzo se deben ordenar a las fabricas para comprarlas ya cortadas a la medida.

El desperdicio para acero precortado en fabrica es menos de un 1% y cuando este es cortado en obra es de 10%”.

Vemos como los autores destacan que la compra de acero a longitudes comerciales fijas para su posterior cortado en obra genera un gran desperdicio. No obstante la solución utilizada en Estados Unidos de la compra de acero precortado no esta disponible en el país (actualmente INCA esta tratando de introducirla y hubo un ensayo con METALDOM en la década de los 90), por lo tanto por muchos años se asumió (todavía existen casos) la práctica de la asignación de este porcentaje de desperdicio de manera directa para las estimaciones y compra del acero de refuerzo.

A nivel local, en la obra “Análisis de costos unitarios y presupuestos” del Arq. José Eusebio Jiménez, se presentan ejemplos de cuantificaciones de acero de refuerzo en losas donde se aplica este procedimiento y la única diferencia es que se utiliza un porcentaje de desperdicio de un 7%. En guía para el análisis de costos de edificaciones e índices de precios para Santo Domingo que prepara el Arq. José A. García Simó, también se utiliza el método antes descrito con un 10% de desperdicio.

Otra consideración importante que se plantea en este método es que los elementos constructivos o auxiliares de la losa (amarres y asientos) se asumen como el 20% del acero estructural. Esta práctica se plantea como una forma de simplificar los cálculos en proyectos pequeños. No obstante, la misma se ha utilizado para cualquier tipo de proyecto sin importar sus dimensiones.

Método de Optimización

Después de tener bien definida la tipificación y los demás aspectos relativos a la determinación de las longitudes y cantidades del refuerzo se procede a identificar la barra comercial que aporta la menor cantidad de desperdicios. Algunas consideraciones son relevantes para este paso:

1. No se admite combinación de tipos de refuerzos.
2. Solamente se aplica para elementos o refuerzos particulares.
3. La barra comercial a elegir es la que aporta menor excedente o desperdicio total.

4. Asume que cuando dos barras comerciales de distintas longitudes arrojan idénticos excedentes totales se inclinará la elección hacia la que aporte mayor excedente unitario.
5. No se considera el uso de los excedentes para futuros análisis. Este método los considera como desperdicios.

Para lograr tabular de forma organizada la cuantía de costos del acero en losas macizas se deben definir adecuadamente los criterios de borde, la condición de adyacencia, espesor, apoyos y recubrimientos en cada modelo y sobre todo el parámetro de referencia en el levantamiento del refuerzo en los apoyos.

El proceso de optimización maneja variables como el diámetro de las barras, su longitud comercial, condiciones de posicionamiento y fijación del refuerzo. El fin último es determinar las barras de acero comercial que representan, en función del esquema estructural y de la disposición de sus longitudes comerciales, el menor desperdicio total. Es decir, seleccionar dentro de todas las posibilidades que suplen la demanda del elemento, en nuestro caso la losa plana de hormigón armado, la posibilidad o combinación de longitudes comerciales más económicas e iguales de adecuadas que la detallada en los planos del proyecto.

Luego de determinar la cantidad de elementos de refuerzo y su longitud el paso siguiente es determinar cuál de las longitudes comerciales de barras de acero es la óptima. Para esos fines se utiliza el siguiente esquema que aporta organización al procedimiento metodológico:

ACERO	# DE ELEMENTOS BARRA	# DE BARRA NECESARIAS	EXCEDENTE UNITARIO	EXCEDENTE TOTAL
3/8" x 20'				
3/8" x 25'				
3/8" x 30'				
3/8" x 40'				

TABLA No. 1

La primera columna detalla las características físicas comerciales de las barras de acero que normalmente se usan en proyectos de construcción para las losas. Pueden ser de producciones nacionales o importadas. La segunda columna se obtiene dividiendo la longitud de cada barra comercial entre la longitud de los elementos que se necesitan. Si el resultado contiene fracciones se redondea al número entero anterior. La tercera columna resulta de dividir la cantidad de elementos requeridos entre el dato de la segunda. En esta ocasión si el resultado contiene fracciones se redondea al número entero siguiente. La cuarta columna es la diferencia entre la longitud de una barra y la(s) del(los) elemento(s) que se obtiene(n) con esta barra. Y el dato de la quinta columna es la sumatoria de los desperdicios unitarios del total de barras comerciales necesarias.

Finalmente se seleccionan las barras más óptimas según las consideraciones 3 y 4 de las presentadas anteriormente. La cuantía simple es la relación entre el peso de los aceros colocados y el volumen de la losa sobre la que se coloca ese acero. La cuantía ponderada es la suma de los pesos de los aceros colocados en losas continuas dividida entre la suma de los volúmenes de esas losas.

Descripción y Metodología del Estudio

Tal y como se plantea en el resumen del artículo las variables en estudio son:

- *Desperdicio de acero.* Es la longitud de acero no utilizable que resta al cortar una barra de dimensiones comerciales. Este desperdicio se expresa de manera cuantitativa como un porcentaje obtenido como el cociente de la longitud de acero no utilizable y la longitud total de la barra.

- *Aplicación constructiva.* Es el grado de dificultad que implica en obra utilizar las barras de acero según lo concebido por el método de cuantificación empleado en oficina. Se aplica una escala cualitativa de dificultad y depende del número de longitudes a utilizar, la transportación, la oferta del mercado, entre otras. Una parte importante para la aplicación constructiva es la determinación del grado de conocimiento y experiencia que el ejecutante tenga del método que utilice.

Variables	Indicadores	Técnica
Desperdicio de acero	% de desperdicio	Cuantificación del acero en los sistemas de losas.
Aplicación constructiva	Grado de dificultad y experiencias anteriores (cualitativo).	Entrevistas en obras a ingenieros residentes.

Tipo de Estudio

Este estudio tiene una primera parte descriptiva en la que se documenta cada uno de los métodos de cuantificación y sus características constructivas.

Una segunda parte se enmarca dentro de los correlacionales pues la finalidad es determinar cómo inciden los métodos de cuantificación del acero en los aspectos de desperdicios y facilidad constructiva.

Universo de Estudio y Muestra

El universo de estudio para el desperdicio de acero son los proyectos de obras civiles que emplean placas sólidas con el refuerzo levantado en los apoyos que a la fecha de este trabajo es la técnica constructiva más común. No obstante, se seleccionó, para poder medir también la aplicabilidad en obra, una muestra de 8 proyectos al azar de viviendas multifamiliares ubicadas dentro del polígono central de Santo Domingo con sistemas constructivos adecuados al estudio y que estaban en construcción.

Con relación a la aplicabilidad constructiva la población fue la de todos los ingenieros constructores del país. Se seleccionó una muestra de 40 ingenieros residentes de proyectos ejecutados en el polígono central de Santo Domingo.

Técnica e Instrumento

Para estudiar el desperdicio se utilizó una tabla de cálculo y un programa de cuantificaciones para el método optimizado en la cuantificación de los refuerzos y obtención de los porcentajes de desperdicios. Se realizaron los cálculos para los ocho proyectos que constituyeron la muestra analizando sus entresijos típicos y en algunos casos se consideraron además niveles distintos a los típicos.

Para la aplicabilidad en obra se empleó una encuesta a los ingenieros residentes de los proyectos seleccionados.

Análisis y Conclusiones del Estudio

Al analizar los resultados de la encuesta y las cuantificaciones de los proyectos tomados como muestra para el presente estudio existen interesantes hechos que se deben destacar.

Una considerable mayoría de los ingenieros constructores utiliza, al momento de cuantificar el acero de refuerzo en sus obras, el método de asignación directa. Un 54% de los encuestados han enfocado su práctica de cuantificación a este método, independientemente de que los resultados después de la requisición para su uso en obra difieren en cantidad, contribuyendo a crear situaciones indeseables y hasta a dar al traste con la programación del proyecto.

En ese mismo tenor se debe resaltar que el 35% de los encuestados utilizan el método de optimización para la cuantificación de acero de refuerzo en losas. El uso de uno en relación al otro, haciendo un examen comparativo de los análisis realizados a los cálculos y los de la misma encuesta, comprueba una marcada diferencia entre los resultados finales de cada método, y queda definitivamente evidenciado que cuando se aplica el método de asignación directa la cantidad de acero requerido difiere, en defecto, y de forma muy acentuada con respecto a la cantidad estimada en obra cuando se esta ejecutando el proyecto y en relación a la cuantificación planteada por el método de optimización.

De los encuestados que dicen utilizar el método de asignación directa el 86% afirma que le falta acero con relación al calculado inicialmente, lo que traerá consigo una variación con respecto a lo estipulado en el presupuesto y posibles distorsiones en la programación de ejecución de obra. Esto además se confirma que en el análisis comparativo existe una diferencia de un 8.71% entre el acero estructural calculado por optimización y el de asignación directa.

Otro punto aún más evidente es el relacionado con el refuerzo del acero constructivo (amarres y asientos) donde se verifica una diferencia de un 50.27%, la cual en muchas ocasiones se diluye con malas prácticas constructivas y también se obvia el uso de estos elementos. Por lo tanto esta "receta" del 20%, planteada en el método de asignación directa no se debería continuar aplicando para el cálculo de estos aceros auxiliares.

Con relación al método de optimización resulta importante resaltar que el 93% de las personas que lo utiliza al final de obra sólo obtienen desperdicios de acero (restos de barras cortadas). Por lo que se puede afirmar que este método brinda la cantidad más aproximada a lo realmente requerido. Además la percepción sobre lo dificultoso de su aplicación durante la ejecución de la

obra queda ampliamente descartado en virtud de que la encuesta plantea que los que utilizan este método afirman que su nivel de dificultad alcanza un promedio de 1.83 en una escala de 1 a 5.

Puede lucir muy obvio que el hecho de realizar las cuantificaciones de acero con diferentes longitudes comerciales implique tediosidad y que es la razón para que no se utilice lo mismo con el aspecto constructivo. Sin embargo este promedio de dificultad de 1.83% echa por el suelo cualquier hipótesis sobre la percepción del nivel de complicación en los distintos aspectos del método de optimización. A pesar de que los mismos actores encuestados reconocen baja dificultad de aplicación de cualquiera de los métodos solamente un 35% de los encuestados respondió que aplica optimización.

En el método de asignación directa, algunos aspectos como los amarres, asientos, desperdicios, entre otros, se asumen de manera porcentual y la práctica ha demostrado que un porcentaje no recoge la verdadera magnitud del impacto de estos. Los resultados reflejan una diferencia en acero estructural de un 8.71% entre ambos métodos. Para que por el método de asignación directa se pueda alcanzar la misma cantidad de acero estructural o lo más similar posible habría que aplicar a sus cálculos un 19.50 % en lugar de el 10% que recomienda.

En relación a los porcentajes por desperdicios, amarres, asientos, etc., entre ambos métodos existe una diferencia de 50.27%. Si se quiere tener, práctica no recomendada, la cantidad de amarres y asientos por el método de asignación directa lo más aproximado a los resultados por el método de optimización esta cantidad sería el 38% sobre el total cuantificado de las barras estructurales por asignación directa que anteriormente fueron afectadas por un 19.5% para tomar en consideración el desperdicio de las barras estructurales.

No obstante aunque estos porcentajes se muestran en una gran cantidad de proyectos no pueden ser considerados como parámetros absolutos para todos los proyectos. Lo que sí queda determinantemente evidenciado es que los resultados obtenidos por el método de optimización son los que se aproximan con mayor precisión a los resultados reales en cada obra y su característica estructural.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABBOTT, Martín A.
“Desarrollo de medios de optimización y simplificación de la cuantía de costos del hormigón armado en losas sólidas de Edificaciones “
Investigación INTEC, 2003
2. ABBOTT, Martín A.
“*Medios auxiliares para el refuerzo en losas macizas de hormigón armado*“
Revista CIENCIA Y SOCIEDAD, Volumen XXXI, Número 4,
Págs. 511 – 519. UNIVERSIDAD INTEC, Octubre/Diciembre
2006.
3. ACI –318-95, ACI-318R-95
“Reglamento Para las Construcciones de Concreto Estructural”
4. BRICEÑO, Pedro
“Administración y Dirección de Proyectos”
1996, McGRAW-HILL, Inc
5. CHANDIAS, Marie E.
RAMOS, José M.
“Computos y Presupuestos”
Manual para la construcción de edificios con computación aplicada

6. FRANK, Dagostino,
LESLIE, Feigenbaum
“Estimating in Building Construction”
th Edition
7. FRANK, R. Walker Company Editors
“Walker’s Building Estimator’s Reference Book”,
27th Edition
8. GARCÍA, José
“Guía para el análisis de edificaciones e índices de precios en Santo Domingo, Rep. Dom.”
9. IMCA, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.
“Manual de Construcción en Acero-DEP: Diseño por Esfuerzos Permisibles”
2002, Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.
10. JIMENEZ, P.
GARCIA, A.
MORAN, F.
“Hormigón Armado”
13va Edición, Editorial GUSTAVO GILL, S.A.
Barcelona, ESPAÑA.
11. KASSIMALI, Aslam
“Análisis Estructural”
1999, THOMSON-LEARNING
12. LEVY, Sydney M.
“Administración de Proyectos de Construcción”
1997, MCGRAW-HILL, Inc
13. LLUCH, José F.
“Introducción a la Gerencia de Construcción”
2000, Editorial de la Universidad de Puerto Rico

14. LOSER, Benno
“Hormigón Armado”
Editorial EL ATENEO, 8va. Edición
15. MARTÍNEZ, José
“Presupuesto y procedimientos prácticos para edificaciones”
1994, Editora Universitaria de la UASD.
Ciudad Universitaria, Santo Domingo, Rep. Dom.
16. NILSON, Arthur H.
“Diseño de Estructuras de Concreto”
1999, McGRAW-HILL, Inc.
17. OLIN, Harold B.
SCHMIDT, John L.
LEWIS, Walter H.
“Construction, Principles, Materials and Methods”
1995, Ediciones VAN NOSTRAND REINHOLD
18. PARK, R.
GAMBLE, W. L.
“Losas de Concreto Reforzado”
1995, Editorial LIMUSA
19. PARMLEY, Robert O.
“Field Engineer’s Manual”
1995, McGRAW-HILL, Inc
20. ROBERT, L. Peurifoy
GAROLD, D Oberlender
“Estimating Construction Costs”
21. SUAREZ SALAZAR, Carlos
“La Determinación del Precio en la Obra Privada y Pública”
1998, Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.

22. SUAREZ SALAZAR, Carlos
“Costo y Tiempo en Edificaciones”
1995, Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.

23. WALSH, Michael A.
AHUJA, Hira N.
“Ingeniería de Cosos y Administración de Proyectos”
1989, Ediciones ALFAOMEGA

Recibido: 17/06/08

Aprobado: 25/07/08