

SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO EDIFICIO TAJAMAR

Elizabeth Fernanda Revollo Ballesteros¹

Resumen

La construcción de un edificio conlleva varias tareas para su ejecución. Se comienza con una idea de un proyecto, se la lleva a papel dentro y ahí comienza el diseño arquitectónico. Luego es ahí donde el ingeniero civil juega un papel importante transformar el diseño arquitectónico a una realidad física. Aquí comienza la estructuración del proyecto, esta se la realiza conjuntamente con el arquitecto. Dentro el trabajo presentado se tiene información sobre los procesos constructivos durante la ejecución de la obra. Descripciones detalladas de cada proceso constructivo e información que se debe tomar en cuenta en cada etapa del proyecto. Además de los procesos constructivos se tiene la verificación manual de acuerdo a la norma ACI de elementos estructurales como ser, una viga, columna, zapata y el muro de contención. El calculo que destaca en este trabajo es el de aplicar la reducción de cargas vivas a las columnas, columna por columna para poder optimizar material y por ende costos de la obra. Se utilizaron varias herramientas para realizar la práctica en empresa. Una de ellas fue el programa estructural SAP 2000 v-14. Tanto el ingreso como la salida de datos son mostradas dentro el informe. Otra herramienta fue el Auto CAD Structural Detailing que sirvió de mucha ayuda para obtener los cálculos métricos de hormigón armado en todo el edificio.

¹ Licenciado en Ingeniería Civil – Universidad Privada Boliviana, erevollo5@upb.edu

1 INTRODUCCIÓN

El artículo estará basado en la tarea que se destaca de la práctica. Esta tarea es el cálculo del edificio aplicando un factor llamado LLRF, para reducir las cargas vivas y así optimizar los materiales utilizados. De esta manera se disminuirá el costo de la obra gruesa del proyecto.

Adicionalmente dentro del trabajo se tiene el seguimiento y control de la construcción del Edificio “Tajamar” y las actividades involucradas: análisis y diseño estructural, cómputos métricos de la obra gruesa, supervisión de obra, control de calidad de materiales (Hormigón) y otras actividades de apoyo al proyecto.

Las actividades que se realizaron incluyeron tareas relacionadas con la construcción como ser, demolición y excavación para las fundaciones de la estructura; encofrado y vaciado de los elementos de la obra, organización del personal, replanteo, control de calidad de todas las tareas a realizarse, revisión y aprobación por parte de la supervisión de obra, preparación de planillas de fierros y volúmenes de vaciado. Para finalmente presentar un presupuesto de la obra gruesa del edificio.

2 METODOLOGIA

2.1 Practica en empresa

La práctica en empresa se la realiza durante seis meses. El trabajo se lo realizo en un edificio. Desde el cálculo hasta la ejecución del proyecto. Pasando por el estudio de suelos, el diseño estructural. Así también como el cálculo estructural, dentro el cual se calcularon las diferentes cargas a introducirse, el dibujado de los planos. Luego de la ejecución del programa estructural se paso al a verificación de los resultados obtenidos de los elementos estructurales como ser, el muro de contención, una columna, una viga y una zapata.

Luego la construcción del edificio y se pudo ver cada proceso constructivo a detalle. La supervisión de la construcción de una obra resulta ser de suma importancia ya que es aquí donde se presentan varios errores como ser en la verticalidad de las columnas, o también en la calidad de hormigón. Se logro ver hasta el armado y vaciado de la primera losa. Después de esto el proceso es repetitivo.

Se realizo la reducción de cargas vivas la cual se la describe posteriormente. También se obtuvo un presupuesto de la obra gruesa para el cual se necesitaron calcular los diferentes volúmenes para cada ítem correspondiente.

2.1 Reducción de Cargas Vivas

El diseño estructural de un edificio se lo realiza dependiendo de la funcionalidad de dicha estructura. El edificio “TAJAMAR” es un proyecto de departamentos en su totalidad. Y las cargas utilizadas son las de una vivienda. Para aplicar esta reducción de las cargas vivas se trabajo con la versión 14 del programa estructural SAP2000.

Como ya se conoce existen tanto cargas vivas como muertas. Y de acuerdo a la norma ASCE 7-05 existe la posibilidad de reducir las cargas vivas con la “Ecuación 1”.

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \quad (1)$$

Los pasos a seguir fueron los siguientes. Primero se estructuro el edificio después se lo introdujo al programa estructural SAP 2000. Luego de que se tenía la dirección de las losas se procedió a introducir las cargas correspondientes. Se procede a la ejecución del programa. De la “Tabla 1” que se la obtuvo de la norma ASCE se obtiene los factores K_{LL} para cada columna. Después con el área tributaria de cada columna se procedió al cálculo del factor LLRF por columna y por planta. La versión con la cual se trabajo tiene la opción de directamente cambiar el factor que por “default” es de 1, a los factores obtenidos para cada columna. Para finalizar se ejecuta el programa con el cambio del factor LLRF y se obtienen las reacciones en cada columna. Con estas reacciones reducidas se procede al diseño de las zapatas. Las cargas en cada columna también disminuyen y por tanto la sección y armadura de ellas también. La “Tabla 2” muestra el porcentaje de disminución de las cargas totales en diferentes columnas.

Tabla 1 – Modelo de leyenda de tabla

Elemento	K_{LL}
Columnas interiores	4
Columnas de borde	3
Columnas en esquina	2
Otros elementos	1

3 DESENVOLVIMIENTO

3.1 Descripción del cálculo del edificio

La práctica demoro seis meses y durante la estadía se realizaron varias tareas. El comienzo del proyecto empieza con un estudio de suelos del terreno donde se desea edificar. De este estudio de suelos se obtiene la carga admisible del suelo. Luego la estructuración, es decir la ubicación de columnas y vigas en conformidad con el diseño arquitectónico.

Continuando con el diseño se calcularon las cargas necesarias. Dentro las cargas muertas se tienen el peso del piso, el revoque y el contra piso. El peso propio tanto de vigas, viguetas, columnas, etc. será tomado en cuenta por el programa estructural. Se deben calcular las cargas como ser del muro si es soguilla o tabique, y se debe ver si el muro es sobre losa o viga para poder cargarlo donde corresponde. Los pesos de las losas también deben ser calculados. En este caso se tiene losas de 25 y 30 centímetros ambas alivianadas. Y una losa encasetonada de 30 centímetros. Cada carga se la debe poner donde corresponde, si se trata de vigas o viguetas la carga debe ser lineal. En losas macizas en el caso de escaleras las cargas deben ser por área, metro cuadrado.

Las otras cargas que se las deben tomar en cuenta son las de viento. En el caso de este proyecto se calcularon las cargas de viento de acuerdo a la norma ASCE7-05 con las “Ecs. 3.a, 3.b, y 3.c”. Las presiones se las obtuvo en cada planta y la manera de cargarlas fue en el centro de gravedad de cada planta en dirección “x” y “y” respectivamente.

$$q_z = 0,0613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \quad (N/m^2) \quad (3.a)$$

$$K_z = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad (3.b)$$

$$p = q G C_p - q_i (G C_{pi}) \quad N/m^2 \quad (3.c)$$

Los resultados de las presiones por planta se los muestra a continuación en dirección “x” y “y” respectivamente.

Tabla 1 – Resultados en dirección “x”

	P (kN)
	Carga a introducir en el programa SAP2000
PB	139,3
1er piso	129,7
2do piso	131,1
3er piso	138,9
4to piso	145,5
5to piso	150,7

Tabla 2 – Resultados en dirección “y”

	P (kN)
	Carga a introducir en el programa SAP2000
PB	123,4
1er piso	114,9
2do piso	116,1
3er piso	123,4
4to piso	129,4
5to piso	134,2

Con todas las cargas, muertas, vivas y las de viento se procedió a la ejecución del programa estructural SAP 2000. Luego de tener los resultados del programa estructural se inicio con el dibujo de los planos estructurales con los cuales se construyo el edificio. Estos planos deben estar claros y deben contener todos los detalles y la información necesaria para su correcta ejecución.

3.2 Construcción del edificio

Durante la práctica se siguió la construcción de la obra gruesa del edificio. Es por eso que se incluye una descripción de las diferentes actividades dentro los procesos constructivos de un edificio como ser: excavación del terreno, replanteo, la construcción de los muros de contención, las zapatas, luego las columnas y para terminar la losa y vigas. El comienzo del proyecto fue con la excavación del terreno como muestra la “Fig. 1”.



Figura 1 – Excavación del terreno

Continuando con la construcción del edificio se procedió al perfilado tanto horizontal como vertical del terreno para el posterior encofrado del muro de contención. Luego se

excavo para la ejecución de las zapatas. El armado de las zapatas se lo realizo conjuntamente con el de las columnas ya que el anclaje de las columnas debe estar dentro las zapatas como se muestra en la “Fig. 2”.



Figura 2 - Vaciado de una zapata

Después del vaciado de las zapatas se debe realizar el encofrado de las columnas. Luego de que se tiene vaciadas las columnas se debe seguir con el encofrado de las vigas y luego de la losa. La “Fig. 3” muestra el encofrado terminado de una losa lista para vaciar. Se puede ver en la “Fig.3” los puntales de las vigas, así también como el plastoforno de la losa alivianada.



Figura 3 - Encofrado de la losa

3.3 Verificación de elementos estructurales

Dentro el informe también se tiene la verificación manual de ciertos elementos estructurales con la norma ACI 318-S. Estas verificaciones se las realizo mientras se superviso la construcción. Se tiene el cálculo completo del muro de contención donde se utilizaron las ecuaciones de la norma al igual que para los demás elementos estructurales. Donde se realiza el diseño a flexión de la pantalla y la verificación de la zapata del muro. También se realizo la verificación de una columna, viga y una zapata. Para la columna se necesito ver si se trataba de una estructura arriostrada o no arriostrada para esto se utilizo la “Ec. 3.d” para encontrar el índice de estabilidad.

$$Q = \frac{\Sigma P_u \Delta_o}{V_{us} l_c} \quad (3.d)$$

El resultado de los índices fue el siguiente:

PB		Tercer Piso		Ultimo piso	
Q _x =	0,05	Q _x =	0,029	Q _x =	0,013
Q _y =	0,05	Q _y =	0,031	Q _y =	0,013

Figura 4 – Índices de estabilidad

El armado de cada elemento también fue calculado en la sección de verificación de los elementos estructurales.

3.4 Control de los materiales y presupuesto general

Para tener un control eficiente de los materiales y del concreto se deben realizar pruebas para saber la resistencia con la cual se está trabajando. En el caso del proyecto se rompieron aproximadamente tres cilindros de al menos pasado un vaciado. Se rompieron los cilindros en la planta de EMISA SA a los 7, 14, 21 y 28 días. Con los resultados se pudo verificar la resistencia obtenida en los vaciados. Los resultados fueron satisfactorios y esto se debe principalmente a la supervisión constante especialmente en los vaciados del concreto.

Otro aspecto fundamental en un proyecto es el costo del proyecto. Ya que se estuvo durante la construcción del edificio se realizo un presupuesto de la obra gruesa del edificio. Para esto se necesito contabilizar diferentes ítems. Para el caso del hormigón armado se utilizaron planillas de Excel, pero también el programa Auto CAD Structural Detailing. La diferencia entre ambos resultados no fue de gran importancia, y se presenta al programa como una buena herramienta para el cálculo de volúmenes. Las “Tablas 3 y 4” muestran los resultados obtenidos. Para tener una idea de la cantidad de acero necesario se hicieron las planillas de fierro correspondientes para cada ítem. El presupuesto general de la obra gruesa se los muestra en la “Tabla 5”.

4 RESULTADOS OBTENIDOS O ESPERADOS

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que se llega a reducir en un 10% la carga total. Es decir que las reacciones en las fundaciones disminuyen, optimizando así concreto y armadura. Y así disminuyen los costos de la construcción. La “Tabla 2” muestra de manera numérica esta reducción de cargas.

Tabla 2 - Comparación de cargas con y sin LLRF

Col	CV	CV _o	CM	CT	CT reducida	% de reducción
4	155,40	244,27	637,28	881,55	792,68	10,08
5	116,88	224,65	798,14	1022,79	915,02	10,54
7	237,07	393,38	748,83	1142,21	985,90	13,68
8	242,17	346,29	693,88	1040,18	936,05	10,01
9	255,96	402,21	741,51	1143,72	997,47	12,79
10	296,50	409,08	757,53	1166,61	1054,03	9,65
12	213,62	360,03	698,26	1058,28	911,88	13,83
13	235,26	303,13	526,22	829,35	761,48	8,18
22	317,29	458,13	658,58	1116,71	975,87	12,61
25	77,87	138,32	465,00	603,33	542,87	10,02

La “Tabla 3” muestra el volumen calculado con el programa Auto CAD Structural Detailing y la “Tabla 4” el volumen calculado con planillas de Excel (manual) el resultado varia muy poco y es por eso que esta herramienta se la puede utilizar y seria de mucha ayuda en cálculos métricos.

Tabla 3 – Volumen con Auto CAD Structural Detailing

Elemento	Cantidad en (m ³)
Vigas	248,17
Zapatas	137,61
Columnas	141,28
Muro de contención	47,07
TOTAL	571,48

Tabla 4 – Volumen con planillas de Excel

Elemento	Cantidad en (m ³)
Vigas	251,84
Zapatas	142,35
Columnas	145,61
Muro de contención	50,89
Total	590,69

La “Tabla 5” muestra el presupuesto general realizado de la obra gruesa del edificio “TAJAMAR”.

Tabla 5 - Presupuesto general de la obra gruesa

PRESUPUESTO GENERAL OBRA GRUESA

ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Limpieza de terreno y deshierbe	Glb	1,00	7.630,90	7.630,90
2	Instalación de faenas	Glb	1,00	5.695,50	5.695,50
3	Replanteo y trazado	m ²	1.283,98	14,39	18.476,47
4	Excavación con retroexcavadora	m ³	2.331,99	78,73	183.597,57
5	Hormigón pobre	m ²	532,88	418,68	223.104,65
6	Zapatas de Ho Ao	m ³	166,88	1.804,00	301.058,74
7	Muro de contención Ho Ao	m ³	52,82	2.483,27	131.156,33
8	Columnas Ho Ao	m ³	126,07	3.711,84	467.951,67
9	Vigas de Ho Ao	m ³	251,84	2.921,30	735.698,29
10	Vigas cadena Ho Ao	m ³	24,80	2.466,99	61.181,35
11	Losa alivianada Ho Ao h=25	m ²	931,43	289,16	269.332,30
12	Losa alivianada Ho Ao h=30	m ²	4.415,77	477,65	2.109.192,54
13	Losa armada en 2 dir. Ho Ao	m ²	287,90	1.978,52	98.015,37
14	Escalera de Ho Ao	m ³	16,64	2.524,26	42.015,59

TOTAL (Bs)	4.654.107,27
----------------------	---------------------

5 CONCLUSIONES

Al realizar el cálculo del edificio en tres situaciones diferentes, es decir aplicando el LLRF, factor de reducción de cargas vivas por planta, por columnas y sin aplicar este factor se puede ver que la carga en la zapata disminuye, optimizando así el material y por lo tanto los gastos.

La supervisión de obra debe realizarse a tiempo completo, especialmente cuando se realizan vaciados, donde existen más problemas y la calidad del hormigón podría disminuir. Se debe vigilar las actividades que realicen los trabajadores, no se puede limitar a observar una sola actividad. La eficacia de la supervisión determina la buena o mala calidad de los materiales, geometría, niveles etc. de los elementos estructurales.

Los cálculos métricos obtenidos y comparados con los obtenidos por el programa Auto CAD Structural Detailing no presentan muchas diferencias. De esta manera la implementación de dicho programa llega a ser una buena opción como herramienta a la hora de calcular volúmenes.

La utilización del programa SAP 2000 v-14 para el cálculo estructural es una herramienta de gran ayuda, pero como todo programa, se basa en los datos que se introduzcan y los resultados obtenidos, deben ser sujetos a un análisis y juicio técnico.

6 REFERENCIAS

ARTHUR H. NILSON (1999). **Diseño de estructuras de Concreto**. Santa Fé Bogotá Colombia: Mc Graw Hill 738p.

MARK FINTEL (1985). **Handbook of concrete Engineering**. England: Van Nostrand Reinhold Company Inc. 892p.

EDWARD G. NAWY (2005). **Reinforced Concrete A fundamental Approach**. New Jersey: Pearson Prentice Hall 824p.

CRESPO VILLALAZ (2007). **Mecánica de suelos y cimentaciones**. México: Editorial Limusa 646p.

JOSEPH E. BOWLES. **Foundation Analysis and Design**. USA: Mc Graw Hill Book Company 1169p.

JAMES G. MACGREGOR, JAMES K. WIGHT (2005). **Reinforced Concrete Mechanics and design**. New Jersey: Pearson Prentice Hall 1132p.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI Committee 318**. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05).

AMERICAN SECTION OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR TESTING MATERIALS. (ASTM C-31) Standard Practice for making and curing concrete test specimens in the field.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERING, ASCE 7-05, Minimum Design loads for buildings and other structures.

ERNESTO CARDONA JAUREGUI (2008). **Control y seguimiento de ejecución del proyecto edificio multifamiliar “Los Escudos”**. Tesis – Universidad Privada Boliviana, BO.