

ESTIMADOS DEL COSTO DE RECONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS EN PUERTO RICO

Jorge H. Botero¹ y José F. Lluch²

Resumen: Las metodologías para estimar la pérdida máxima probable (*PML*) se componen de dos partes, el modelo de daño y el costo de reparación o reemplazo. Este trabajo se enfoca en la segunda parte y tiene como objetivo determinar estos costos para Puerto Rico. Se hizo una encuesta entre contratistas, diseñadores y propietarios y se obtuvieron costos por pie cuadrado, costos por unidades de servicio, costos por parámetros, costo por componentes, salarios de mano de obra y la distribución de la misma en un proyecto.

La información se clasificó de acuerdo al tipo de edificio, al uso, al tipo de estructura y al nivel de calidad, entre otros. Se obtuvieron medidas de tendencia central, percentiles y el coeficiente de variación de la información clasificada y se comparó con las publicaciones *Building Construction Cost Data*, *National Building Cost Manual* y *Bids Cost Index*.

Se desarrolló un índice de costo para actualizar los resultados obtenidos de forma rápida y así poder usar éstos en el futuro. Se usaron los componentes: mano de obra y materiales. El primero se decidió representar mediante: obrero no diestro, carpintero, varillero y albañil, mientras que para materiales se usó: hormigón, varilla de acero, cerámica de piso y cemento para empapiente.

Se estableció que el costo de reconstrucción resulta del costo de construcción multiplicado por un factor. Se tuvo en cuenta que en un proceso de reconstrucción se pueden tener dos alternativas: reparar la estructura dañada o reemplazarla con una nueva. Por consiguiente, se usaron dos factores, uno de reparación y uno de reemplazo.

Palabras Claves: costo, índice de costo, pérdida máxima probable, reconstrucción, reparación, seguros.

BUILDING RECONSTRUCTION COST ESTIMATION IN PUERTO RICO

Abstract: The methodologies for estimating the probable maximum loss (*PML*) are composed of two parts, the damage model and the repair or replacement cost. This work focuses on the second part and has as objective to estimate these cost for Puerto Rico. A survey was made which included contractors, designers and owners to obtain square foot cost, units of service cost, parameters cost, components cost, salaries and the distribution of labors in a project.

The information was classified according to the type of building, type of structure and quality level among other factors. Central tendencies measures, percentiles and the coefficient of variation were obtained from the classified information and been compared with Building Construction Cost Data, National Building Cost Manual and Bids Cost Index publications.

A cost index was developed to update the results on a simple way, so that they can be used in the future. Labor and materials were used as components of the index. The first one was represented by carpenter, rodmen, bricklayer and labor, while materials were represented by concrete, steel rod, ceramic floor and cement for plaster.

It was established that the reconstruction cost results from multiplying the construction cost by a factor. The two alternatives involved in a reconstruction project were taken into account: repair o replacement of the building. Therefore, two factors were used, one for repair and another for replacement.

Keywords: cost, cost index, insurance, probable maximum loss, reconstruction, repair.

¹ Ex-Estudiante Graduado, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. E-mail: jorgebote@hotmail.com

² Catedrático, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. E-mail: jluch@uprm.edu

ENCUESTA DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Para tener datos de forma homogénea, sin importar la fuente de donde viniera, se desarrolló un formato que incluía información general del proyecto, datos de costos generales y datos de costos por divisiones. Para elaborar el formato de encuesta se usó las 16 divisiones que se encuentran estandarizadas por el *Construction Specification Institute (CSI)* bajo la publicación *Masterformat™* (1995). Las divisiones que éste comprende son las siguientes:

1. Condiciones Generales
2. Trabajo en el Solar
3. Hormigón
4. Mampostería
5. Metales
6. Madera
7. Protección Contra Intemperie
8. Puertas y Ventanas
9. Terminaciones
10. Especialidades
11. Equipo: Instalado en el Proyecto
12. Muebles
13. Construcciones Especiales
14. Ascensores y Sistemas de Transporte
15. Sistema Mecánico: Plomería y Aire Acondicionado
16. Sistema Eléctrico

Se añadió una división adicional “17. Otros (misceláneos)” en caso de que aparecieran actividades que no se pudieran adjudicar a una de las divisiones. Ésta también se usó para colocar los costos del *mark-up* del proyecto ya que en los estimados de contratistas este valor se considera en una sección aparte del estimado, mientras que en los desgloses (*breakdowns*) se encuentra distribuido entre las actividades. Cada división se subdividió en varias actividades tratando de cubrir las más comunes en las construcciones típicas de Puerto Rico. Lo que se buscó fue tener un grado de información que fuera detallada, pero sólo hasta el nivel que se necesita llegar. Si se va más allá, la información termina no siendo muy útil para los propósitos particulares de esta investigación.

CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para analizar la información de la encuesta, se utilizaron varios parámetros para clasificar los datos obtenidos (Tipo de información, Uso, Tipo de edificio, Tipo de estructura, Nivel de calidad, Año de comienzo). El primero de ellos es el tipo de información, del cual se establecieron tres clases: desglose para pago (*Breakdown for payment*), Estimados propios del contratista y Estimados del diseñador. La segunda clasificación se hizo de acuerdo al Uso y una subdivisión de ésta es el Tipo de edificio. En la Tabla 1 se presentan las clasificaciones que se pudieron obtener de los proyectos encuestados según el Uso y el Tipo de edificio.

Otra de las clasificaciones fue el Tipo de estructura. Se encontró tan sólo tres clases: Edificios de pórticos y paredes de hormigón (dual), Edificios sólo de paredes de hormigón y Edificios de hormigón y acero (mixto). En Puerto Rico lo más común es encontrar estructuras hechas de hormigón, principalmente las de tipo pared y pórtico. Aunque hay edificios de acero, no son tan comunes en la Isla por lo que no se encontró mucha información de este tipo.

El nivel de calidad también se usó para diferenciar una estructura de otra. Se establecieron tres niveles: Alto, Medio y Bajo. Este parámetro se definió principalmente para considerar el tipo de terminaciones que lleva la edificación, sin embargo también aplica a requerimientos de tipo constructivo que se hayan exigido. Finalmente se incluyó una clasificación con el año de comienzo de la construcción, para tener en cuenta el aspecto histórico de la estructura.

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

La información contenida en las encuestas se compiló en hojas electrónicas para su análisis. Se creó una tabla donde se determinaron los costos por pie cuadrado y el porcentaje de participación de las 17 divisiones antes citadas para cada proyecto, se analizó cada división determinando la participación de las subdivisiones de cada una y los costos unitarios. Se eliminó el nombre de los proyectos con el fin de mantener la confidencialidad.

Tabla 1: Clasificación de las estructuras según el uso y tipo de edificio.

Usos	Tipo de edificación
Comercial	Banco
	Cuido/Envejecientes
	Hotel
	Oficina
Educacional	Venta Detal
	Escuela
	Salones
Estacionamiento	Universidad
	Individual
Residencial	Otro (parte de otro proyecto)
	Apartamento Edificio > 3 pisos
	Apartamento Walk-up
Industrial	Casa Individual
	Planta de Tratamiento
	Edificio para albergar equipo y Utilidades
	Fábrica
Otro	Escolar (Cancha Escolar)
	Centro comunitario
Reparación de edificaciones	Escuela
	Hotel

Costos por Pie Cuadrado y Porcentaje de Participación por División

En primera instancia los edificios se analizaron teniendo en cuenta las variables: Usos, Tipo de edificación, Tipo de estructura y Nivel de calidad. En este análisis no se utilizaron las variables Tipo de estimado y Año de comienzo ya que el resultado sería demasiado detallado y no se tendrían datos de cada combinación de variables. Con esta clasificación se obtuvieron 26 divisiones, y de cada una se obtuvieron medidas de tendencia central, percentilas y el coeficiente de variación. Esta combinación de variables resultó ser altamente detallada y causó que en trece ocasiones solo contáramos con datos de un sólo proyecto. La Tabla 2 presenta un ejemplo de los resultados obtenidos para una estructura clasificada como:

Uso: Residencial

Tipo de edificio: Apartamentos Edificio de más de tres pisos

Sistema estructural: Dual (Pórtico-Pared Hormigón)

Nivel de Calidad: Medio

Otras clasificaciones usando estas cuatro variables se pueden encontrar en la referencia Botero (2004). Igualmente se hicieron clasificaciones usando dos variables: Usos y Tipo de edificio, así como con una sola: Usos, las cuales se encuentran también en la referencia anterior.

Costos Unitarios y Porcentaje de Participación por Subdivisión

Con la información de la encuesta se determinó el por ciento de participación de cada subdivisión de la división principal correspondiente, así como el costo unitario de cada subdivisión. En la Tabla 3 se presenta un ejemplo de los porcentajes de participación para la división 2 para una estructura clasificada como:

Uso: Educacional

Tipo de edificio: Universidad

Sistema estructural: Dual (Pórtico-Pared Hormigón)

Nivel de Calidad: Alto

Un ejemplo de los costos unitarios se presenta en la Tabla 4 para el caso anterior, la columna *\$/pies² representa el costo por pie cuadrado de área total de construcción de esa división.

Tabla 2: Medidas de tendencia central para: Residencial, Apto. edificio >3 pisos, Dual, Medio.

Usos	Clasificación			Costo \$/ft ²	% de Participación por partidas							
	Tipo Edif.	Tipo Estr.	Nivel Acaba.		1. Condiciones Generales	2. Trabajo en el Solar	3. Hormiñón	4. Mampostería	5. Metales	6. Madera	7. Protección contra humedad e intemperie	8. Puertas y Ventanas
Res.	Apto. Edif.>3 pisos	Dual	Med.									
Promedio		62.27	5.95	6.99	27.95	2.22	1.53	1.99	0.39	6.07		
Mediana		61.22	6.28	6.21	27.12	2.50	1.43	2.61	0.00	6.95		
Percentila 25		57.84	3.66	5.03	26.77	1.77	0.66	0.46	0.00	4.44		
Percentila 75		69.06	6.38	7.20	27.96	2.56	1.63	3.28	0.62	7.10		
Coeficiente de Variación		0.11	0.42	0.68	0.11	0.24	0.75	0.76	1.51	0.29		

Usos	Clasificación			Costo \$/ft ²	% de Participación por partidas								
	Tipo Edif.	Tipo Estr.	Nivel Acaba.		9. Terminaciones	10. Especialidades	11. Equipo (Instalado en Obra)	12. Muebles	13. Construcciones especiales	14. Ascensores y Sistema de Transporte	15. Sistema Mecánico	16. Sistema Eléctrico	17. Otros
Res.	Apto. Edif.>3 pisos	Dual	Med.										
Promedio		62.27	19.54	0.79	1.11	0.18	1.60	3.27	9.85	10.55	0.00		
Mediana		61.22	20.73	0.55	0.49	0.00	0.67	5.06	10.30	10.95	0.00		
Percentila 25		57.84	18.38	0.36	0.39	0.00	0.54	0.00	8.94	9.53	0.00		
Percentila 75		69.06	21.97	0.72	0.98	0.31	2.67	5.50	10.56	11.14	0.00		
Coeficiente de Variación		0.11	0.17	0.89	1.34	1.47	1.09	0.92	0.12	0.10			

Tabla 3: Porcentaje de la división 2 para Educacional, Universidad, Dual, Alto.

Clasificación				2. Trabajo en el Solar									
Usos	Tipo Edif.	Tipo Estr.	Nivel Acaba.	2.1 Limpieza y desbroce	2.2 Corte, relleno, préstamo y sobrante	2.3 Exca. Estructural	2.4 Pilotes	2.5 Utilidades	2.6 Calles (Solo asfalto)	2.7 Aceras	2.8 Encintados	2.9 Demoliciones	2.10 Otro
Edu.	Univ.	Dual	Alto										
Promedio		2.73	27.64	20.02	18.93	7.34	3.84	11.16	1.89	0.64	5.82		
Mediana		2.73	27.64	20.02	18.93	7.34	3.84	11.16	1.89	0.64	5.82		
Percentila 25		2.16	24.70	14.76	9.47	7.08	1.92	7.41	0.95	0.32	4.93		
Percentila 75		3.29	30.57	25.28	28.40	7.59	5.76	14.91	2.84	0.97	6.70		
Coeficiente de Variación		0.59	0.30	0.74	1.41	0.10	1.41	0.95	1.41	1.41	0.43		

Tabla 4: Costos unitarios de la división 2, Educacional, Universidad, Dual, Alto.

Clasificación				2. Trabajo en el Solar									
Usos	Tipo Edif.	Tipo Estr.	Nivel Acaba.	2.1 Limpieza y desbroce	2.2 Corte, relleno, préstamo y sobrante	2.3 Exca. Estructural	2.4 Pilotes	2.5 Utilidades	2.6 Calles (Solo asfalto)	2.7 Aceras	2.8 Encintados	2.9 Demoliciones	2.10 Otro
Edu.	Univ.	Dual	Alto										
Promedio		10.58	0.76	12.44	36.04	1,322.16	0.81	20.57	4.10	15.24	0.06	0.52	
Mediana		10.58	0.76	12.44	36.04	1,322.16	0.81	20.57	4.10	15.24	0.06	0.52	
Percentila 25		7.78	0.76	11.86	35.82	1,322.16	0.57	20.57	3.91	15.24	0.06	0.45	
Percentila 75		13.39	0.76	13.02	36.27	1,322.16	1.04	20.57	4.29	15.24	0.06	0.59	
Coeficiente de Variación		0.75		0.13	0.02		0.82		0.13			0.38	

Comparación con *Building Construction Cost Data*

Para comparar los costos por pie cuadrado obtenidos de las encuestas con los de la publicación *Building Construction Cost Data* (BCCD), se estimó el costo de cada proyecto de la encuesta usando los datos particulares de la publicación. Es decir, se usó el dato de la edición correspondiente al año promedio del proyecto, y este valor se ajustó por el factor de tamaño conforme a como indica el BCCD.

El factor *City Cost Index* que presenta la publicación no fue tenido en cuenta, ya que se quería buscar un factor de conversión de la publicación para Puerto Rico. Los datos del BCCD representados por la percentila 25 usualmente no incluyen trabajo en el solar ni equipo, mientras que los datos en la percentila 75 sí lo incluyen. Para tomar esto en consideración se hicieron ajustes a los valores de forma que las comparaciones se hicieran sobre la misma base. Teniendo el costo de cada proyecto dado por la encuesta y estimado por la publicación, se determinó la razón del primero sobre el segundo (Encuesta/BCCD). De estas razones se obtuvieron las medidas de tendencia central presentadas a continuación:

Promedio = 1.08
Mediana = 1.04
Percentila 25 = 0.85
Percentila 75 = 1.24
Coeficiente de Variación = 0.30

Se presumió que la razón de 1.04 dada por la mediana se puede usar como factor de conversión del *Building Construction Cost Data* para costos de Puerto Rico.

Comparación con *National Building Cost Manual*

Para la comparación con el *National Building Cost Manual* (NBCM), se siguió una metodología similar a la que usó para la comparación con el BCCD. Se estimó cada proyecto en particular usando la publicación, se ajustó su costo por el índice histórico (*historical cost index*) para tener en cuenta el año promedio de construcción y luego se obtuvieron las razones entre los datos de las encuestas y estos últimos. Para obtener un factor de conversión general para la publicación, se obtuvieron las medidas de tendencia central de estas razones y se tomó la mediana como el factor buscado. A continuación se presentan estos resultados:

Promedio = 1.02
Mediana = 1.06
Percentila 25 = 0.89
Percentila 75 = 1.15
Coeficiente de Variación = 0.22

El NBCM tiene en cuenta las variables Área de construcción y Nivel de calidad para determinar el costo por pie cuadrado. Además los tipos de edificaciones están clasificados de una forma mucho más detallada que en las dos publicaciones anteriores. Sin embargo, los tipos de proyectos allí descritos no son muy similares a las construcciones en Puerto Rico. Las diferencias principales se dan en el tipo de material utilizado en la estructura, en las divisiones y en la cubierta. A pesar de esto, se supusieron algunos tipos de proyectos como similares y los datos obtenidos para éstos se ajustó siguiendo las recomendaciones de la publicación para tener en cuenta el tipo de material comúnmente usado en la isla.

El valor de la mediana (1.06) se puede aplicar a los costos de la publicación como factor general de conversión para obtener los costos en la Isla. Este valor es muy cercano al valor encontrado en la comparación con el BCCD y ambos a su vez son cercanos a la unidad, por lo que se podría pensar que el promedio nacional es un dato más ajustado a las condiciones de la Isla.

Sin embargo, se debe tener en mente lo mencionado anteriormente sobre los tipos de edificios descritos en esta publicación, los cuales no son similares a los encontrados en la Isla. Por lo tanto, se recomienda usar esta publicación sólo en casos en que no se tenga información de una fuente más confiable.

Comparación con *Bids Procurement Report*

La revista *Bids Procurement Report (Bids)* publica periódicamente información de costos unitarios para Puerto Rico (estos datos se pueden obtener en www.bidspr.com). La información está clasificada siguiendo el *MasterFormat* del *Construction Specification Institute (CSI)*. De la base de datos de *Bids* se obtuvieron los valores para actividades similares a las de la encuesta.

Los costos unitarios de la encuesta provienen de tres tipos de fuentes: Estimados propios del contratista, Desglose para pagos (*Breakdown for payment*) y Estimados del diseñador. En el primero no se incluye el *overhead* y *profit* en los costos unitarios y éstos son presentados en una sección aparte del estimado, mientras que en los otros dos estimados sí incluyen estos factores dentro de los costos unitarios. Por consiguiente, se espera que los valores de estos últimos sean más altos que aquellos obtenidos de los estimados de contratistas.

Se hicieron las comparaciones entre los costos de contratista Vs. *Bids* y de los de diseñador y *breakdown* Vs. *Bids*. Se obtuvieron las razones para ambos casos y a éstas se les determinaron las medidas de tendencia central. En los *breakdown* y diseñador Vs *Bids* se encontró que la media y la mediana son mayores de uno (>1). Ésto se puede deber a que el *overhead* y *profit* del proyecto están incluidos en los costos unitarios, lo que aumenta estos valores. La Tabla 5 presenta las razones y las medidas de tendencia central para esta comparación.

ÍNDICE DE COSTO

El índice de costo consiste en determinar el costo en un año base de cierta cantidad de selectos materiales, cantidad de mano de obra y/o equipo que son representativos del tipo de proyecto: a ésto se le denomina Índice de costo año base. En años posteriores se determina el nuevo valor de esas mismas cantidades obteniéndose el Índice de costo hoy. Cuando se tiene el costo de la estructura en el año base, el Índice de costo año base y el Índice de costo hoy se puede estimar el costo hoy de esa estructura usando la siguiente fórmula:

$$Costo_{hoy} = (Costo_{año\ base}) * \frac{Indice\ de\ Costo_{hoy}}{Indice\ de\ Costo_{año\ base}} \quad (1)$$

La revista *Engineering News Record (ENR)* publica periódicamente dos índices de costo, el *Construction Cost Index (CCI)* y el *Building Cost Index (BCI)*. El CCI utiliza el costo de 2500 libras de acero estructural, 226 libras de cemento Pórtland, 1088 pie-planar de madera 2"x4" y 200 horas de mano de obra no diestra para estimar el índice de costo. El índice de costo base fue desarrollado en 1913, en donde el valor de estas cantidades se estimó en \$100. El BCI utiliza las mismas cantidades de material, pero tiene como referencia 68.38 horas del costo promedio de mano de obra diestra. Su índice de costo del año base fue estimado en \$100 en 1913 (Lluch, 2000).

Para construir un índice de costo es necesario estudiar los componentes de costo de los proyectos encuestados y seleccionar los principales. Luego hay que seleccionar partidas a encuestar representativas de los componentes de costo seleccionados. Esto se hizo con los datos de la encuesta. Veintiuno de los proyectos encuestados contenían el costo discriminado entre los siguientes componentes de costo: mano de obra, materiales, equipo, subcontratos y otros. La mayoría de éstos no tenía el costo del equipo pesado discriminado, entendiéndose que éste se distribuyó en los demás componentes.

En la elaboración del índice se presume que el costo de los subcontratos contiene componentes de mano de obra, materiales y equipo en proporción a lo obtenido para el proyecto completo por lo que tampoco será uno de los elementos en nuestro índice de costo. Esto mismo se presume del componente "otros", lo que nos deja con dos componentes para la elaboración de nuestro índice: mano de obra y materiales.

Se estimó la participación de la mano de obra y materiales sobre el total de mano de obra-materiales para cada uno de los 21 proyectos y con éstos se obtuvieron las medidas de tendencia central que se presentan en la Tabla 6.

Para la relación mano de obra/materiales se decidió tomar la mediana de la tabla anterior, siendo ésta 33.88 % para mano de obra y 66.12 % para materiales.

Tabla 5: Comparación entre los costos unitarios de *breakdown* y *Bids*.

Actividad	Unid.	Encuesta	Bids	Razón
Plafón Acústico	\$/pies ²	4.70	4.95	0.95
Acera	\$/pies ²	3.48	3.93	0.89
Encintados	\$/pies	14.96	9.45	1.58
Empañetado	\$/pies ²	1.71	1.29	1.32
Hormigón zapatas	\$/yd ³	284.37	349.43	0.81
Hormigón paredes y muros	\$/yd ³	388.66	440.00	0.88
Hormigón losa sobre terreno	\$/yd ³	290.95	328.57	0.89
Hormigón vigas y columnas	\$/yd ³	469.72	493.57	0.95
Hormigón arquitectónico	\$/yd ³	471.97	370.00	1.28
Hormigón escaleras	\$/yd ³	506.01	522.86	0.97
Hormigón losa estructural	\$/yd ³	413.31	447.86	0.92
Limpieza y desbroce	\$/cda	2,284.12	950.00	2.40
Corte, relleno, préstamo y sobrante	\$/mt ³	11.29	8.56	1.32
Excavación estructural	\$/yd ³	25.77	15.04	1.71
Ascensor	\$/piso	19,600.00	17,750.00	1.10
Bloque	\$/pies ²	3.79	4.17	0.91
Alfombra	\$/yd ²	19.24	21.88	0.88
Cerámica de piso	\$/pies ²	4.75	5.28	0.90
Quarry tile	\$/pies ²	16.65	5.00	3.33
Terrazo	\$/pies ²	5.67	2.63	2.16
Equipo	\$/mes	5,500.00	5,600.00	0.98
Pintura	\$/pies ²	0.70	0.38	1.85
Calles (sólo asfalto)	\$/ton	77.04	60.00	1.28
Cubierta de techo compuesto (<i>Built-up roofing</i>)	\$/pies ²	4.23	3.55	1.19
Acero	\$/lb	0.48	0.44	1.09
Cerámica de pared	\$/pies ²	5.03	4.48	1.13
Muro en seco (<i>Dry wall</i>)	\$/pies ²	7.34	7.21	1.02
Ventanas	\$/pies ²	19.78	12.75	1.55
		Promedio	1.29	
		Mediana	1.09	
		Percentila 25	0.92	
		Percentila 75	1.38	
		Coeficiente de Variación	0.44	

Tabla 6: Relación Mano de obra / Materiales de los proyectos encuestados.

	Mano de obra	Materiales
Promedio	36.35	63.65
Mediana	33.88	66.12
Percentila 25	31.86	61.67
Percentila 75	38.33	68.14
Coeficiente de Variación	0.24	0.14

Materiales

Conociendo la participación de los dos componentes del índice, se procedió a determinar los materiales más representativos. Para esto se encontraron las dos divisiones con mayor porcentaje en el componente Materiales, resultando éstas: (3) Hormigón y (9) Terminaciones. De ambas divisiones se obtuvieron los dos materiales con mayor importancia en términos económicos. Para la división (3) Hormigón resultaron el concreto y el acero de refuerzo. Con la información de algunos estimados se pudo determinar los porcentajes de cada uno en la división y asímismo se pudo obtener la relación entre éstos para determinar cuánto del costo del índice se debió asignar a cada material.

De igual forma se encontró que el empañete y la cerámica de piso eran las actividades más importantes de la división (9) Terminaciones. Para representar el empañete se decidió usar como insumo el medio saco de cemento, mientras que para la cerámica de piso, se decidió usar el promedio dos tipos de cerámica. Se usó la cerámica más económica *PEI III*, monococción, 12"x12" y la cerámica más económica *PEI V*, monococción, 12"x12".

De esta forma, se estableció un índice inicial de \$1,000.00. Aplicando los porcentajes de materiales y mano de obra sabemos que el costo del primero fue \$661.20, de los cuales \$451.88 pertenecían a la división (3) Hormigón y \$209.32 a la (9) Terminaciones. Así mismo de los \$451.88 del Hormigón, \$298.30 se asignaron al concreto y \$153.58 al acero de refuerzo y de los \$209.32 de Terminaciones, \$146.67 fueron para empañetado y \$62.65 para cerámica de piso.

Se encuestaron los cuatro materiales (concreto, acero, cemento, cerámica de piso) para determinar las cantidades que equivalgan al costo que debe tener cada uno dentro del índice. Para el caso del Hormigón se encontró un promedio de \$ 65.50 por yarda cúbica de hormigón regular de 3,000 psi. Esto significa que para elaborar el índice futuro se deberá encuestar el costo de \$298.30/\$65.50 por yarda cúbica = 4.55 yardas cúbicas de hormigón regular de 3,000 psi.

Para el acero de refuerzo se hizo la misma búsqueda que para el hormigón. Se determinó el costo promedio del quintal de varilla para los años 2002 y 2003 obteniéndose un valor de \$ 18.65 por quintal, lo que significa que para el índice futuro se deberá encuestar el costo de 8.23 quintales de varilla de acero de refuerzo.

El medio saco de cemento se estimó en \$ 2.65. Por lo que se estableció que se necesitan 2,600 lb. de cemento para el índice futuro o su equivalente que serían 55.32 medios sacos de 47 lb.

Se encuestaron negocios dedicados a la venta de cerámica en diferentes partes de la Isla, y se encontró un promedio de \$ 0.70 el pie cuadrado para la *PEI III* y \$1.31 para la *PEI V*. Tomando el promedio de ambas se definió un costo por pie cuadrado de cerámica de piso de \$ 1.01, con lo cual se obtiene una cantidad a encuestar a futuro de 62.03 pies cuadrados.

Mano de Obra

Para determinar los oficios y la cantidad de horas por oficio a usar en el índice, era necesario conocer la proporción de cada oficio en el total de la mano de obra. Por lo tanto se hizo necesario obtener información acerca de la cantidad de empleados usados en un proyecto discriminado por sus diferentes oficios.

Se decidió usar los cuatro oficios con mayor porcentaje en el proyecto y que incluyeran las dos divisiones que se pueden encontrar en la mano de obra: obrero diestro y obrero no diestro. Las categorías usadas fueron:

Obrero (obrero no diestro)
Carpintero, Albañil y Varillero (obrero diestro)

Las cuatro categorías encuestadas representan la mayor parte del total de la mano de obra usada en un proyecto. Para estimar el costo de mano de obra se recopiló información adicional mediante consultas a varias empresas de construcción en la Isla y de los costos pactados en el Convenio Colectivo de Trabajo entre la Unión de Carpinteros de Puerto Rico y *The Construction Industry of Employer Association*. A continuación se presentan los resultados de los costos obtenidos a través de contratistas y a los pactados en el Convenio Colectivo de Trabajo.

Costos promedio de mano de obra de encuestas a empresas:
Obrero = 5.38 \$/hora
Varillero = 6.37 \$/hora
Carpintero = 7.42 \$/hora

Albañil = 6.78 \$/hora

Costos promedio de mano de obra del convenio Unión de Carpinteros y *The Construction Industry of Employer Association*:

Obrero = 5.65 \$/hora

Varillero = 7.45 \$/hora

Carpintero = 7.58 \$/hora

Albañil = 7.49 \$/hora

Al presumir que el total de la mano de obra estará representado por las cuatro categorías mencionadas, se obtuvieron los porcentajes de participación de cada una. Éstos se multiplicaron por el costo de mano de obra que le corresponde al índice y finalmente usando el costo por hora ya sea de las encuestas o del convenio se estimaron las cantidades de horas de mano de obra a usar en el índice para cada oficio. La Tabla 7 presenta los resultados del procedimiento anterior para los costos obtenidos de encuestas a contratistas. La columna final de la tabla representa la cantidad de horas que se deberán encuestar por cada oficio a fin de elaborar el índice futuro, para el caso en que se usen los promedios de los valores obtenidos de contratistas.

Tabla 7: Horas de mano de obra a usar en el índice usando la data de encuestas.

Oficio	% Relativo	\$ Índice	\$/hora	horas
Obrero	40.74	138.03	5.38	25.68
Carpintero	24.07	81.56	7.42	11.00
Albañil	7.41	25.10	6.78	3.70
Varillero	27.78	94.11	6.37	14.78
Total	100.00	338.80		

Encuesta Futura para Elaborar el Índice

En un futuro se deberá encuestar el costo unitario de los materiales y de los salarios de mano de obra seleccionados. Se supone que el hormigón, acero y cemento se van a comprar en cantidades típicas de contratistas (precio de contratista) y que no se va a incurrir en gastos adicionales de transporte u otros. Para la cerámica de piso se debe encuestar el costo en grandes cantidades ($> 50,000$ pies²) ya que así fue como se obtuvieron los costos para el índice base. Al obtener los costos unitarios de estos materiales, se deberá multiplicar cada uno por las siguientes cantidades:

- 4.55 yd³ de hormigón
- 8.23 quintales de varilla de acero
- 2,600 lb. de cemento o 55.32 medios sacos de 47 lb.
- Promedio de: 62.03 pies² de cerámica de piso 12"x12", monococción, PEI III y 62.03 pies² de cerámica de piso 12"x12", monococción, PEI V.

Sumando estos cuatro valores se obtendrá el componente materiales del índice. Para el componente mano de obra se deberá primero definir el tipo de fuente a usar para obtener los costos unitarios. Si se escoge hacer una encuesta entre empresas de construcción se deberá obtener de cada empresa los rangos de salario para los oficios seleccionados, se promediaran los rangos de costos y después se tomara el promedio para cada oficio usando lo obtenido de cada una de las empresas consultadas. Éstos costos unitarios se multiplicarán por los valores dados en la Tabla 11 en su columna final y finalmente al sumarlos se obtendrán los valores de mano de obra que componen el índice.

Sumando los costos obtenidos tanto de materiales como de mano de obra se obtendrá el valor del índice futuro, el cual al dividirlo por el valor del índice base (\$1,000.00) dará el factor por el cual se debe afectar el costo de las edificaciones que se han estimado en el presente estudio.

COSTOS DE RECONSTRUCCIÓN

El determinar el costo de reparación o reemplazo de una estructura previo a su daño, es un estimado que puede ser menos preciso que el mismo estimado de construcción. Esto es debido a que la respuesta de una estructura ante un fenómeno natural depende de muchos factores, que en ocasiones no han sido contemplados en el diseño o en la construcción o no se conocen con certeza.

En estos casos, la mejor forma para estimar un costo de reparación o reemplazo es a través del costo de construcción multiplicado por un factor. Trabajos anteriores han encontrado valores de 2.35 para reparación y 1.07 para reemplazo. En este trabajo se han revaluado estos factores.

La publicación *Repair and Remodeling Estimating Methods* (RREM, 2002), presenta una guía para hacer estimados en proyectos de reparación o reemplazo. Esta publicación presenta unos factores (porcentajes) sugeridos para considerar situaciones que se presenten en estos casos. Las situaciones para las cuales el RREM (2002) tiene factores de ajuste son las siguientes:

1. *Cut & patch to match existing construction.* El reparar una estructura que sufrió daños puede conllevar el tener que cortar y remendar, lo que resulta más caro que el construir la propiedad inicialmente.
2. *Dust & noise protection.* La protección de las áreas adyacentes al proyecto contra el polvo y el ruido cuando la estructura está parcialmente ocupada.
3. *Equipment usage curtailment.* El equipo de construcción utilizado en la reconstrucción usualmente es de menor capacidad y menor productividad que el equipo utilizado en la construcción original. Esto es debido a las limitaciones físicas en los proyectos de reconstrucción.
4. *Material handling & storage limitations.* Las limitaciones de acceso y limitaciones en el espacio de almacenamiento también pueden resultar en costos mayores en proyectos de reconstrucción.
5. *Protection of existing work.* El contratista de proyectos de reconstrucción pueden tener que proteger áreas adyacentes o trabajo terminado para evitar daños durante la construcción en curso. También es posible que sea necesario proteger el trabajo terminado para prevenir el hurto y el vandalismo.
6. *Temporary shoring & bracing.* Cuando se reconstruye en ocasiones hay que apuntalar y apoyar partes de la estructura mientras se están ejecutando los cambios estructurales.
7. *Shift work requirements.* En ocasiones el trabajo debe ser hecho trabajando tiempo extra, lo que conlleva un costo mayor y una productividad menor de las brigadas. En otras ocasiones hay que utilizar turnos de trabajo diferentes al normal.

En el trabajo de Guzmán (1998) se incluyen tres factores adicionales que no considera el RREM (2002). Éstos son el factor de demolición y limpieza (ρ_d), el factor de ingeniería (ρ_e), y el factor catástrofe (ρ_c).

Costo de Reparación

El proceso de reparación es más complejo que el de reemplazo ya que incluye todos los factores mencionados anteriormente. A continuación se estima un factor que multiplicado por el costo estimado de construcción original nos provee un estimado del costo de reparación. Este factor lo designamos (F_r).

Para estimar F_r se tomaron los valores mínimos y máximos presentados por la publicación RREM (2002), los cuales están discriminados para materiales y mano de obra. Se sumaron ambos componentes teniendo en cuenta el porcentaje de participación de éstos en un proyecto (que se estimó aproximadamente como 34% mano de obra y 66% materiales), se obtuvo un valor máximo y mínimo para cada factor. Luego se computó el promedio entre el valor mínimo y máximo de cada uno y se sumó para estimar el valor total. La Tabla 8 presenta los valores dados por la publicación RREM (2002) para los siete factores definidos anteriormente, así como la suma de los componentes (materiales y mano de obra) de cada factor y finalmente el promedio de los valores máximos y mínimos para cada factor.

Para estimar el factor demolición y limpieza (ρ_d), se usaron los valores dados por las publicaciones *General Construction Costbook* (2003) y *Remodeling Costbook* (2003), donde se obtuvo el promedio del costo unitario de demolición y limpieza para proyectos de construcción y remodelación respectivamente. El factor ρ_d se estima como la razón entre el costo promedio unitario de demolición y limpieza para proyectos de remodelación sobre este mismo costo para proyectos de construcción. El factor determinado es de 4.72%.

Se buscó una forma adicional para estimar el factor demolición y limpieza siguiendo una metodología similar a la descrita por Guzmán (1997). Se convirtió el costo unitario de demolición y limpieza dado en dólares por pie cúbico del *Building Construction Cost Data (BCCD)* a costo por pie cuadrado. Luego se obtuvo el porcentaje de este valor respecto al costo de construcción del edificio. Finalmente se promediaron estos valores para obtener un valor que cubra todos los tipos de estructuras. La Tabla 9 presenta este procedimiento.

El resultado obtenido de esta tabla se promedió con el encontrado inicialmente obteniéndose un valor de 4.70% para el factor demolición y limpieza.

Tabla 8: Factores del *RREM* que afectan el costo de reparación.

ID	Factores	Mano de obra		Mano de obra + Materiales		Promedio %
		%	%	%	%	
1	<i>Cut & patch to match existing construction</i>	Min	3	2	4.68	8.69
		Max	9	5	12.71	
2	<i>Dust & noise protection</i>	Min	2	1	2.68	7.71
		Max	11	4	12.74	
3	<i>Equipment usage curtailment</i>	Min	1	1	2.00	6.37
		Max	10	3	10.74	
4	<i>Material handling & storage limitations</i>	Min	1	1	2.00	7.34
		Max	7	6	12.68	
5	<i>Protection of existing work</i>	Min	2	2	4.00	7.68
		Max	7	5	11.36	
6	<i>Temporary shoring & bracing</i>	Min	5	2	6.03	10.39
		Max	12	5	14.74	
7	<i>Shift work requirements</i>	Min	5		3.39	11.86
		Max	30		20.33	
						Total = 60.04

El factor de ingeniería (ρ_e) se estimó usando los valores recomendados por el Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico (CIAPR) en el documento titulado *Manual for Professional Practice and Guidelines for the Compensation of Professional Services*. En la referencia Lluch (2000), se encuentra información más detallada sobre este tema.

Tabla 9: Por ciento del costo de demolición y limpieza.

Tipo edificio	Altura de piso (ft)	Costo edificio \$/ft ²	Costo	Costo	% costo
			demolición y limpieza \$/ft ³	demolición y limpieza \$/ft ²	
Apto. Edif.>3 pisos	10.50	75.08	0.34	3.54	4.72
Banco	14.00	100.47	0.29	4.06	4.04
Escuela	12.00	122.42	0.34	4.08	3.33
Fábrica	16.00	91.24	0.34	5.44	5.96
Estacionamiento	10.00	42.59	0.34	3.40	7.98
Hotel	10.00	103.69	0.34	3.40	3.28
Oficina	11.33	101.55	0.34	3.85	3.79
Venta detal	15.00	120.35	0.34	5.10	4.24
Casa Individual	9.00	65.05	0.34	3.06	4.70
					Promedio 4.67

Los honorarios sugeridos dependen de la complejidad del proyecto. Para esto se han tomado cinco categorías donde la primera es la de menor complejidad y mínimos detalles, la segunda representa proyectos de complejidad promedio y la última se refiere a proyectos con mucho nivel de detalles y de carácter excepcional. Un proceso de reparación se encontraría en la categoría V ya que el referido manual indica que esta categoría incluye proyectos de reconstrucción incluyendo sistemas mecánicos, eléctricos y sanitarios. En la Tabla 10 se presentan los valores de los honorarios incluyendo y sin incluir servicios durante la construcción, el porcentaje de este último respecto al total y finalmente estos valores multiplicados por un factor de 1.3 para convertirlos de categoría II a categoría V.

Para determinar el porcentaje a usar, se encontró el promedio del costo total de los proyectos de la encuesta y luego de la Tabla 10 se buscó el porcentaje equivalente para éste. El promedio de costos fue \$10,137,036.16 con lo que se obtiene un porcentaje para la categoría V de 10.80%.

Tabla 10: Honorarios sugeridos por el CIAPR.

Costo del proyecto	Honorarios sugeridos por CIAPR		Categoría 2	Categoría 5
	Honorarios	Servicios durante la construcción		
	\$	\$		
100,000.00	10,810	3,525	14.34	18.64
1,000,000	83,735	23,803	11.15	14.50
5,000,000	364,635	77,959	8.85	11.51
10,000,000	701,035	130,011	8.31	10.80
20,000,000	1,368,035	247,511	8.07	10.50

El factor catástrofe (ρ_c) determinado por Guzmán (1998) toma en consideración el aumento en el costo de los materiales y la mano de obra luego de un desastre natural. Guzmán lo estimó en 43% donde 13% corresponde a materiales y 30% representa la mano de obra. El 13% resulta de un estimado de aumento del costo de materiales de 20% aplicado a un 65% del costo total de la obra ($20\% * 0.65 = 13\%$), ya que Guzmán asumió una relación mano de obra/materiales de 35/65.

El componente de mano de obra es equivalente al factor *shift work requirements* presente en la Tabla 13, por lo que sólo se usa la componente materiales (13%). Sumando entonces el porcentaje total de la Tabla 13 con los factores ρ_d , ρ_e y ρ_c se obtiene un factor de 88.54%, lo que significa que el costo de reparación será el costo de construcción inicial más un 88.54% ese mismo valor.

$$F_r = 1 + 0.8854 = 1.89$$

Este factor, al ser multiplicado por el costo de construcción, representará el costo de reparación de una estructura.

Costo de Reemplazo

Este concepto aplica cuando los daños de la estructura son severos e irreparables. Sin embargo, en algunas ocasiones en que los daños estructurales no hayan sido severos o sean reparables puede ser más favorable declarar una estructura perdida total y pagar su costo de reemplazo que pagar lo que costaría su reparación.

Para estimar el factor de reemplazo (F_r') se siguió una metodología similar a la anterior. Sin embargo el proceso de reemplazar no es tan complejo como el de reparar, por lo que varios de los factores mencionados no intervienen en este proceso. Para el caso de los factores de *RREM* (2002), ninguno de los factores interviene en este proceso. El factor demolición y limpieza (ρ_d) se estima igual que para el costo de reparación.

Para el factor de ingeniería (ρ_e) se toman igualmente los honorarios sugeridos por el CIAPR, pero para este caso se usa la categoría II, ya que la reconstrucción que se hará se asemeja más a una construcción nueva. Obteniendo el promedio de la cuarta columna de la Tabla 15, encontramos un valor para $\rho_e = 8.31\%$. El factor catástrofe (ρ_c) no se considera ya que después del evento transcurre un tiempo considerable mientras se desarrollan los procesos previos a la

construcción, tales como: diseño, planeación y financiación. Se espera que este tiempo sea suficiente para que los precios de materiales y mano de obra se hayan normalizado.

Sumando el porcentaje del factor *shift work requirements* de *RREM* (2002) con los factores ρ_d , ρ_e y ρ_c se obtiene un valor de 13.01%. Esto significa que el costo de reemplazo será el costo de construcción inicial más un 13.01% de ese mismo valor.

$$F_r' = 1 + 0.1301 = 1.13$$

El factor obtenido al ser multiplicado por el costo de construcción representará el costo de reemplazo de la estructura.

CONCLUSIONES

El estimar costos es un arte y una ciencia que depende en gran parte de la experiencia del estimador. Este puede variar de acuerdo a las condiciones socio-económicas de la localidad donde se desarrollará el proyecto, a la cantidad de trabajo disponible en el mercado en el momento de la construcción, al tipo de proyecto, al tamaño y la complejidad del mismo y a otros factores. Esto hace que dos proyectos similares puedan presentar diferencias en su costo por pie cuadrado.

Para la publicación *Building Construction Cost Data* se encontró que el ajuste por localización es de 1.04 en vez del factor publicado, que varía de 0.852 a 0.876 entre los años 2001 a 2004.

Los costos encontrados en nuestro estudio pretenden ser una herramienta rápida para estimar costos de construcción. Se aclara que entre más sencilla y general sea la metodología para estimar costos, el grado de precisión disminuye y si estos costos se traducen a costos de reconstrucción, esta precisión puede disminuir un poco más. Sin embargo, se entiende que cuando se hacen estimados de muchas estructuras la precisión total es más confiable ya que entonces se está trabajando con promedios y en esta situación se balancean los factores.

Se desarrolló un índice de costo que nos permite poner al día los estimados realizados en esta encuesta. Este se hizo buscando un balance entre una metodología que fuera certera y al mismo tiempo sencilla de aplicar. Esto resulta en la utilización de los dos componentes principales de costo y cuatro elementos que representan a cada uno de ellos. Es la primera vez que en Puerto Rico se desarrolla un índice de costos de construcción. Este índice puede ser de ayuda para la industria y para el gobierno.

La determinación de factores que nos permiten estimar costos de reparación y reemplazo de estructuras, posibilitan considerar situaciones que surgen luego de desastres naturales y actividades que son propias de reparación o reemplazo de estructuras.

RECOMENDACIONES

Se debe promover más el uso del formato del *CSI (MasterFormat*, 1995 o su nueva versión *MasterFormat* 2004) para hacer estimados de costo, ya que la estandarización es una herramienta útil para generar una fuente de información de costo, que puede ser utilizada más eficientemente por el mismo estimador y en estudios futuros.

La encuesta se puede seguir ampliando a medida que se vayan recogiendo más estimados. Esto servirá para refinar los datos obtenidos y para obtener información de los tipos de proyectos faltantes dentro de la encuesta.

Así como la forma más confiable de obtener costos de construcción proviene de la experiencia de proyectos anteriores, sería conveniente hacer lo mismo para costos de reconstrucción y reparación. El paso del huracán *Georges* por la isla de Puerto Rico dejó muchas experiencias de las cuales se pudo aprender: una de estas podría haber sido el haber realizado un análisis de la variación de los costos de reconstrucción respecto a costos de construcción.

REFERENCIAS

- Bids Procurement Report (2003). *Bids Cost Index*. Industrial Publishers Inc., San Juan. Puerto Rico.
Botero, J. H. (2004). "Estimados del Costo de Reconstrucción de Edificaciones Asegurables en Puerto Rico", tesis de Maestría en Ciencias, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico.

- Building Construction Cost Data (2003). *R. S. Means Company Inc.*, 61 Annual Editions, Kingston, Massachusetts.
- General Construction 2004 Costbook (2003). *BNI Publications Inc.*, Fourteenth Edition, Los Angeles, California.
- Guzmán A. L. (1998). "Cost – Performance Criteria for Seismic Retrofitting", tesis de Doctorado en Ingeniería Civil, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico.
- Lluch J. F. (2000). *Introducción a la Gerencia de Construcción*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico.
- Masterformat™ Master List of Numbers and Titles for the Construction Industry (1995). *Construction Specification Institute and Construction Specifications Canada*.
- National Building Cost Manual (2003). Craftsman Book Company, 28th Edition, Carlsbad, California.
- National Construction Estimator (2003). Craftsman Book Company, 52th Edition, Carlsbad, California.
- National Renovation and Insurance Repair Estimator (2003). Craftsman Book Company, Carlsbad, California.
- Remodeling Costbook (2003). BNI Publications Inc., 14th Edition, Los Angeles, California.
- Repair and Remodeling Cost Data (1998). R.S. Means Company Inc., Construction Consultants and Publishers, 19 Annual Editions, Kingston, Massachusetts.
- Repair and Remodeling Estimating Methods (1997). R.S. Means Company Inc., Construction Consultants and Publishers, Annual Editions, Kingston, Massachusetts.
- Repair and Remodeling Estimating Methods (2002). R.S. Means Company Inc., Construction Consultants and Publishers, Annual Editions, Kingston, Massachusetts.

APÉNDICE A: ESTADÍSTICAS PARA LOS COSTOS POR PIE CUADRADO Y PORCENTAJES DE PARTICIPACIÓN POR DIVISIONES

Tabla A1 Clasificación usando la variable: Usos.

ID.	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acab	Costo \$/P ²	% de Participación por Partidas																
						1. Condiciones Generales	2. Trabajo en el Solar	3. Hormigón	4. Mano de Obra	5. Metales	6. Madera	7. Protección contra Humedad e intemperie	8. Puertas y Ventanas	9. Terminaciones	10. Especialidades	11. Equipamiento	12. Muebles	13. Construcciones especiales	14. Ascensores y Sistema de Transporte	15. Sistema Mecánico	16. Sistema Eléctrico	17. Otros
1	Comercial				102.78	12.95	5.81	20.17	1.61	3.75	0.81	1.35	5.93	10.51	0.30	0.15	0.03	0.00	1.97	13.58	11.36	9.74
2	Educativo				124.61	11.54	9.75	22.69	2.38	1.63	1.61	1.89	5.30	11.81	0.70	1.41	0.41	0.65	0.72	13.53	11.81	2.17
3	Estacionamiento				42.59	18.64	9.43	48.49	0.34	1.95	0.01	3.50	0.75	4.82	0.11	0.40	0.00	0.00	0.91	2.66	5.07	2.90
4	Residencial				70.00	11.68	8.56	25.43	2.62	1.02	3.18	1.02	5.89	17.14	0.48	0.51	0.49	0.75	1.83	7.36	7.99	4.04
5	Industrial				143.49	8.32	12.70	14.81	0.78	4.29	0.13	2.06	2.77	5.17	0.18	17.85	0.12	2.10	0.08	13.49	12.20	2.93
6	Reparaciones				45.01	19.73	8.97	37.98	1.06	7.15	0.81	0.52	1.98	14.54	0.70	0.15	0.00	0.00	0.00	2.54	3.11	0.77

Tabla A2 Clasificación usando las variables: Usos, Tipo de edificio, Tipo de estructura y Nivel de calidad.

ID.	Costo \$/Ft ²				% de Participación por Partidas															
	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acab	1. Condiciones Generales	2. Trabajo en el Solar	3. Hormigón	4. Mampostería	5. Metales	6. Madera	7. Protección contra Humedad e Intemperie	8. Puertas y Ventanas	9. Terminaciones	10. Especialidades	11. Equipamiento	12. Muebles	13. Construcciones especiales	14. Ascensores y Sistemas de Transporte	15. Sistema Mecánico	16. Sistema Eléctrico
1	Com. Ban. Mix. Med.	100.47	10.85	6.79	14.03	0.08	11.22	0.95	0.10	15.26	14.53	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	10.21	15.76	0.00	
2	Com. Cuid. Dual Med.	83.24	15.83	2.52	17.44	2.24	0.92	1.88	0.69	4.07	11.54	0.54	0.25	0.00	0.00	4.18	13.89	10.95	13.04	
3	Com. Hotel Alto	103.69	11.90	5.88	23.13	4.08	1.03	1.35	1.56	4.53	11.57	0.21	0.04	0.00	0.00	2.01	13.26	9.54	9.91	
4	Com. Ofici. Med.	101.55	12.98	4.16	25.21	0.36	0.94	0.05	0.94	5.15	6.31	0.30	0.21	0.00	0.00	2.79	17.63	10.75	12.21	
5	Com. Venta Detal	120.35	14.19	11.28	13.03	0.06	10.17	0.00	3.65	2.85	11.75	0.27	0.32	0.18	0.00	0.00	9.17	12.21	10.87	
6	Edu. Esc. Dual Med.	122.42	13.07	10.75	19.31	2.40	1.88	2.29	2.25	5.41	10.56	0.80	2.02	0.48	0.97	0.38	13.18	11.03	3.22	
7	Edu. Univ. Dual Alto	129.00	8.49	7.74	29.44	2.34	1.11	0.25	1.16	5.08	14.33	0.51	0.18	0.26	0.00	1.41	14.24	13.38	0.07	
8	Edu. Salon Med.	33.61	16.77	1.81	37.51	1.87	5.47	2.11	0.00	7.09	7.88	0.50	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	18.60		
9	Edu. Termi. Med. Salón	30.91	15.66	0.00	0.00	8.07	8.53	3.84	0.00	18.28	24.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.72	
10	Est. Indiv. Med.	26.69	12.37	7.02	59.10	0.57	1.76	0.00	1.68	0.73	3.00	0.08	0.40	0.00	0.00	0.40	1.40	7.33	4.16	
11	Est. Otro Med.	50.54	21.78	10.64	43.18	0.22	2.05	0.01	4.41	0.77	5.73	0.13	0.40	0.00	0.00	1.17	3.29	3.94	2.27	
12	Ind. Fab. o Mix. Alma.	91.24	11.59	11.01	10.81	1.72	10.15	0.00	3.53	1.51	5.93	0.43	0.18	0.34	0.00	0.24	21.26	12.65	8.66	
13	Ind. Plan. Dual Med.	0.00	5.83	6.10	7.99	0.00	1.06	0.00	0.00	0.76	6.01	0.00	43.65	0.00	5.68	0.00	7.56	15.22	0.14	
14	Ind. Utilid. Dual	195.75	7.54	21.00	25.64	0.63	1.67	0.38	2.66	6.05	3.56	0.12	9.72	0.03	0.62	0.00	11.65	8.72	0.00	
15	Otr. Can. Dual Med. Esc.	126.78	31.54	5.19	18.00	0.18	9.90	0.00	0.05	0.00	4.91	1.82	0.37	3.11	0.00	0.88	5.81	3.98	14.26	
16	Otr. Cent. Comu.	292.68	19.50	23.73	9.56	0.25	0.63	0.02	0.57	2.32	6.26	0.47	0.00	0.00	0.00	8.01	16.02	12.66		
17	Com. Hotel Dual Med.	45.01	6.14	0.53	16.94	4.93	0.00	4.36	0.00	3.64	29.67	2.20	0.96	0.00	0.00	0.00	7.25	8.77	14.60	
18	Repa. Esc. Mix. Med.	0.00	11.69	3.33	16.88	0.00	49.05	0.00	0.00	0.00	15.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29	0.00	
19	Repa. Esc. Dual Med.	0.00	17.80	11.78	46.41	0.50	0.20	0.26	0.72	2.04	11.28	0.54	0.02	0.00	0.00	0.00	2.10	1.94	4.42	
20	Res. Apt. Dual Med. Edif-3 pisos	62.27	5.95	6.99	27.95	2.22	1.53	1.99	0.39	6.07	19.54	0.79	1.11	0.18	1.60	3.27	9.85	10.55	0.00	
21	Res. Apt. Dual Alto Edif-3 pisos	91.10	14.55	7.59	23.90	3.09	0.77	1.47	0.51	4.43	13.71	0.32	0.52	0.45	1.10	4.16	6.56	9.34	7.54	
22	Res. Casa Muro Bajo Indiv.	48.11	13.97	7.42	29.68	3.95	0.00	2.93	1.65	7.86	21.46	0.52	0.03	0.00	0.00	0.00	5.28	5.25	0.00	
23	Res. Casa Indiv. Med.	60.22	23.34	3.98	24.58	1.55	0.78	0.00	0.20	9.67	16.70	0.80	0.00	1.55	0.00	0.00	4.19	2.67	9.99	
24	Res. Casa Indiv. Alto	84.42	13.72	12.43	19.60	0.70	0.71	7.80	4.77	7.23	12.87	0.35	0.00	2.01	0.00	0.00	5.25	2.53	10.05	
25	Res. Apt. Muro Bajo Walk up Horm	53.63	12.39	10.58	27.46	3.66	1.68	4.05	0.29	5.68	15.72	0.31	0.34	0.33	0.00	0.00	7.97	9.54	0.00	
26	Res. Apt. Dual Alto Walk up	75.86	9.40	11.95	22.14	2.74	1.04	5.96	0.43	3.40	19.57	0.10	0.41	0.00	0.57	0.00	7.90	8.18	6.23	

APÉNDICE B: ESTADÍSTICAS PARA LOS COSTOS UNITARIOS DE LAS ACTIVIDADES POR DIVISIÓN

Tabla B.1 Costos unitarios de la división 1 y 2 según *Breakdown* y *Diseñadores*: n= 31.

Clasificación						Indicadores de Desempeño														
Tipo Info	Usos	1. Cond. Generales			2. Trabajo en el Solar												2.9 Demoliciones	2.10 Otro		
		1.1 Movilización y desmovilización	1.2 Equipo	1.3 Otro	2.1 Limpieza y desbroce	2.2 Corte y relleno	2.3 Exca. Estructural	2.4 Pilotes	2.5 Utilidades	2.6(a) Calles (Solo asfalto)	2.6(b) Calles (Asfalto y material)	2.7 Aceras	2.8 Encintados							
		#\$/Pies ²	#\$/Pies ²	\$/Mes	#\$/Pies ²	#\$/Pies ²	\$/Mt ²	\$/Mt ³	\$/Mt ³	\$/Ea	#\$/Pies ²	\$/Mt ²	\$/Mt ²	\$/Pies ²	\$/Pies	#\$/Pies ²	#\$/Pie ^{s2}			
		Promedio	7.34	1.45	5,500.00	6.19	8.30	0.58	11.29	25.77	1,690.72	0.74	4.97	16.11	3.48	14.96	0.47	1.17		
		Mediana	5.54	0.64	5,500.00	4.46	5.06	0.68	10.27	27.22	1,550.00	0.38	5.00	14.51	3.42	13.72	0.17	0.86		
		Percentila 25	4.09	0.26	5,500.00	3.24	3.21	0.13	8.00	17.50	1,436.08	0.26	4.52	12.16	2.64	11.81	0.12	0.42		
		Percentila 75	11.43	1.45	5,500.00	9.16	9.70	0.76	11.98	32.80	1,875.00	0.80	5.07	18.42	3.83	18.31	0.32	1.62		
		Coeficiente de Variación	0.58	1.86		0.60	1.10	0.86	0.54	0.41	0.27	1.27	0.19	0.31	0.40	0.32	1.66	0.86		

Tabla B.2 Costos unitarios de la división 3 según *Breakdown* y *Diseñadores*: n= 31.

Clasificación						3. Hormigón												
Tipo Info	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	3.1 Ready mix-solo material	3.2 Hormigón zapatas	3.3 Hormigón losa sobre relleno	3.4 Hormigón losa estructural	3.5 Hormigón paredes y muros	3.6 Hormigón vigas y columnas	3.7 Hormigón escaleras	3.8 Hormigón arquitectónico	3.9 Acero Refuerzo-solo material	3.10 Moldes	3.11 Terminación y/o curado	3.12 Prefabricado	3.13 Otro
						*\$\$/Pies ²	\$/Yds. ³	\$/Yds. ³	\$/Yds. ³	\$/Yds. ³	\$/Yds. ³	\$/Yds. ³	\$/Yds. ³	\$/Quintal	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Yds. ³	*\$\$/Pies ²
						21.53	284.37	290.95	413.31	388.66	469.72	506.01	471.97	50.64		0.76	1,400.00	0.78
						17.05	250.00	275.00	370.18	370.00	457.48	450.00	394.49	50.64		0.60	1,400.00	0.55
						14.83	225.00	250.00	345.00	333.46	390.36	400.00	375.00	50.64		0.55	1,400.00	0.31
						25.46	302.50	314.00	495.52	449.67	505.12	550.00	606.45	50.64		0.89	1,400.00	1.05
						0.48	0.34	0.23	0.28	0.20	0.27	0.33	0.32		0.49		0.85	

Tabla B.3 Costos unitarios de la división 4 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Tipo Info	Usos	Clasificación			4. Mampostería							
		Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	4.1 Bloque Hormigón 8x16	4.2 Otro tipo de Bloque	4.3 Horm. Mocheta,Viga coron., otro	4.4 Acero horizontal (dur-o-wall)	4.5 Acero vertical	4.6 Adoquines hormigón	4.7 Otro
					*\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Ea	\$/Yds. ³	\$/Pies	\$/Quintal	\$/Pies ²	*\$/Pies ²
		Promedio			2.19	3.79	13.54	466.50				0.22
		Mediana			2.00	4.00	10.00	525.00				0.21
		Percentila 25			1.28	2.45	5.59	426.00				0.18
		Percentila 75			2.91	4.60	22.54	565.50				0.26
		Coeficiente de Variación			0.59	0.38	0.68	0.39				0.28

Tabla B.4 Costos unitarios de la división 5 y 6 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Tipo Info	Usos	Clasificación			5. Metales							6. Madera			
		Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	5.1 Acero estructural	5.2 Viguetas	5.3 Steel deck	5.4 Acero en frío	5.5 Acero decorativo, rejás pasamanos, etc.	5.6 Stair nosing	5.7 Otro	6.1 Closets, gabinetes, mesas, escaleras	6.2 Otro	
					*\$/Pies ²	*\$/Pies ²	*\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies	*/\$Pies ²	\$/Pies	*\$/Pies ²		
		Promedio			2.05	0.80	0.31	8.00		1.05	15.68	0.82	1.77	113.07	0.06
		Mediana			1.30	0.96	0.31	8.00		0.92	12.00	0.35	1.53	113.07	0.01
		Percentila 25			0.83	0.70	0.20	8.00		0.71	12.00	0.33	0.73	94.61	0.01
		Percentila 75			2.42	0.97	0.42	8.00		1.08	17.25	1.22	2.12	131.54	0.08
		Coeficiente de Variación			1.20	0.39	0.97			0.66	0.44	1.06	0.90	0.46	1.35

Tabla B.5 Costos unitarios de la división 7 y 8 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Clasificación						7. Protección Humedad e Intemperie						8. Puertas y Ventanas					
Tipo Info	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	7.1 Imperme. líquido	7.2 Built-up roof	7.3 Asphalt shingles	7.4 Cubierta de metal	7.5 Puerta techo (hatch)	7.6 Otro	8.1 Puertas y ventanas	8.2 Puertas	8.3 Ventanas	8.4 Vitrinas aluminio y cristal	8.5 Otro	
						*/\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies	\$/Ea.	*/\$/Pies ²	\$/Und.	\$/Ea.	\$/Pies ²	\$/Ea.	*/\$/Pies ²
						1.53	4.62	4.23		1,461.67	0.71	5.04		1,229.99	19.78	63.32	1.62
						0.76	4.00	5.00		1,585.00	0.72	4.46		480.00	17.88	63.32	0.67
						0.37	3.75	4.50		1,192.50	0.37	2.78		357.33	16.10	63.32	0.49
						2.30	5.18	5.20		1,792.50	1.05	6.40		1,050.00	25.50	63.32	2.44
						1.09	0.33	0.40		0.42	0.97	0.67		1.63	0.35		1.28

Tabla B.6 Costos unitarios de la división 9 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Clasificación						9. Terminaciones												
Tipo Info	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	9.1 Empañetado	9.2 Drywall	9.3 Acabado hormigón (pulido, color)	9.4 Cerámica piso	9.5 Cerámica de pared	9.6 Mármol pared y/o piso	9.7 Terrazo	9.8 Quarry tile	9.9 Alfombra	9.10 Plafón acústico	9.11 Acabado pared y techo	9.12 Pintura	9.13 Otro
						*/\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	
						11.67	1.71	7.34	2.01	4.75	5.03	5.67	16.65	2.14	4.70	2.35	0.70	0.84
						11.96	1.50	8.20	1.85	4.13	4.45	6.08	7.69	2.14	4.62	2.35	0.50	0.47
						9.09	1.24	6.00	1.05	3.16	3.93	4.91	5.93	2.14	3.45	1.53	0.35	0.23
						15.29	2.04	8.50	2.88	5.68	6.22	6.64	10.43	2.14	5.64	3.18	0.50	1.38
						0.42	0.41	0.32	0.69	0.52	0.39	0.31	1.61		0.38	0.99	1.20	0.92

Tabla B.7 Costos unitarios de la división 10 y 11 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Clasificación						10. Especialidades		11. Equipo									
Tipo Info	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	10.1 Divisiones interiores de baño	10.2 Rotulación	10.3 Otro	11.1 Equipo de disposición de basuras	11.2 Equipo de cocina restaurante	11.3 Equipo de Laundry	11.4 Equipo contra incendio	11.5 Equipo industrial	11.6 Equipo atlético	11.7 Equipo control transito y estacionamiento	11.8 Otro	
						*/\$/Pies ²	\$/Ea.	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	
Promedio						0.48	518.87	0.05	0.41	2.03	8,053.33	0.86	0.52	905.61	1.54	0.20	2.58
Mediana						0.27	437.28	0.05	0.22	0.38	6,000.00	0.42	0.52	719.23	1.89	0.14	0.11
Percentila 25						0.20	45.00	0.03	0.15	0.24	4,080.00	0.27	0.52	449.00	1.04	0.12	0.09
Percentila 75						0.49	919.91	0.07	0.34	2.08	11,000.00	1.01	0.52	1,300.00	2.22	0.21	1.30
Coeficiente de Variación						1.15	1.03	0.68	1.44	2.19	0.89	1.36		0.63	0.79	0.73	2.13

Tabla B.8 Costos unitarios de la división 12 y 13 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Clasificación						12. Muebles		13. Construcciones Especiales								
Tipo Info	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	12.1 Mesas, camas, asientos, escritorios	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	\$/Gl	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²	*/\$/Pies ²
Promedio						0.37	0.37	1.49		1.03	0.60					0.76
Mediana						0.28	0.28	1.43		1.07	0.60					0.39
Percentila 25						0.10	0.10	0.91		0.67	0.60					0.27
Percentila 75						0.40	0.40	2.00		1.40	0.60					0.63
Coeficiente de Variación						1.23	1.23	0.60		0.61						1.15

Tabla B.9 Costos unitarios de la división 14 y 15 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Clasificación					14. Ascensores y Sistema de Transporte			15. Sistema Mecánico								
Tipo Info	Usos	Tipo Edif	Tipo Estr	Nivel Acaba.	Año Com	14.1 Ascensor	14.2 Escalera eléctrica	14.3 Otro	15.1 Roughing-in plomería en estructuras	15.2 Terminaciones de plomería en estructuras	15.3 Plomería Off-site	15.4 Sistema de aire acondicionado	15.5 Ventilación mecánica	15.6 Otro		
						\$/Pies ²	\$/Ea.	\$/Ea.	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/No. aparatos	\$/No. aparatos	\$/Pies ²	\$/Pies ²	\$/No. abanicos	\$/Pies ²
						Promedio	3.20	88,000.00	0.35	8.31	851.36	484.69	1.63	5.76	168.85	0.73
						Mediana	3.23	86,000.00	0.35	6.10	942.50	315.18	1.40	5.10	181.25	0.09
						Percentila 25	2.08	71,000.00	0.32	3.51	226.43	194.69	0.55	1.05	154.23	0.04
						Percentila 75	4.06	88,000.00	0.37	11.29	1,253.01	723.73	2.14	9.76	195.88	0.67
						Coeficiente de Variación	0.41	0.25	0.19	0.87	0.82	0.81	0.91	0.87	0.32	2.15

Tabla B.10 Costos unitarios de la división 16 y 17 según Breakdown y Diseñadores: n= 31.

Tipo Info	Usos	Clasificación		Año Com	16. Sistema Eléctrico							17. Otro	17.1 Otro	
		Tipo Edif	Tipo Estr		16.1 Roughing-in electricidad	16.2 Terminaciones eléctricas	16.3 Luminarias	16.4 Sub-estación, transformadores	16.5 Plantas eléctricas	16.6 Panel de control	16.7 Otro			
					*\$\$/Pies ²	\$/No. aparatos	\$/No. aparatos	\$/Ea.	\$/Ea.	\$/Ea.	\$/Ea.	*\$\$/Pies ²	*\$\$/Pies ²	*\$\$/Pies ²
		Promedio			9.16	1,424.80	398.39	271.74	18,990.70	93,789.00	2,723.28	1.66	4.19	4.19
		Mediana			7.21	1,647.74	221.83	303.92	15,000.00	87,962.00	1,888.55	1.02	5.75	5.75
		Percentila 25			5.48	942.42	158.86	208.48	11,704.00	39,820.00	1,081.10	0.64	0.08	0.08
		Percentila 75			15.53	2,018.66	434.18	355.96	23,750.00	141,931.00	2,804.62	1.32	6.80	6.80
		Coeficiente de Variación			0.62	0.77	1.00	0.45	0.68	0.78	1.30	1.24	0.84	0.84

