

Sistema Constructivo Assembled: Viabilidad económica, aceptación y estudio de rendimientos en Uruguay.

Assembled Building System: Economic viability, market acceptance and study of labor performance in Uruguay.

Natalia Rudeli¹, Adrián Santilli,²

Recibido: Marzo 2013

Aprobado: Mayo 2013

Resumen.- En este artículo se presentan los resultados obtenidos a partir del estudio económico y de aceptación de un nuevo sistema constructivo conocido como sistema Assembled. El estudio económico se basa en una campaña experimental de medición de rendimientos de la mano de obra con el fin de obtener datos verídicos de los mismos, realizar una comparativa con datos de autores Uruguayos y poder determinar estimadamente el rendimiento del sistema Assembled en obra. Adicionalmente con los datos obtenidos se presenta una comparativa de costos entre sistemas tradicionales para el levantamiento de paredes y el sistema Assembled. Por otro lado en lo que refiere al estudio de aceptación, se realizó una encuesta a diferentes entes de la construcción para conocer su opinión acerca de este nuevo sistema constructivo.

Palabras clave: Muro portante; Assembled; Análisis de costos; Rendimientos de la mano de obra; Auto encastrable.

Summary.- *This paper presents the results obtained from the economic study and the acceptance study of a new constructive system, known as the Assembled system, based on pre-manufactured and self-locking pieces. The economic study is based on performance measurements in order to obtain data of time performance of workers, compare it with data from other Uruguayan authors and determine the performance of the Assembled system. Furthermore, with the data obtained from the performance study a comparison of costs between traditional systems and the Assembled system is presented. As far as the acceptance study is concerned, a survey was conducted in the construction sector to know their opinion regarding this new construction system.*

Keywords: *Free-standing wall; Assembled; Cost analysis; labor performance; Self-locking.*

1. Introducción.- Con el aumento del Laudo de la construcción vigente desde el 24 de Octubre del 2012 e impuesto por el convenio entre el Ministerio de Trabajo y seguridad Social (MTSS) y el Sindicato Único de la Construcción y anexos (SUNCA) que conlleva un aumento de casi un 23% en los sueldos de los trabajadores [1], se hace cada vez más necesaria la búsqueda de mayores rendimientos de la mano de obra.

Debido a esto, la industria está continuamente buscando nuevas maneras de obtener paredes firmes, de alta resistencia con el uso de piezas prefabricadas que proporcionan facilidad de construcción, ahorro de tiempo y la posibilidad de construir viviendas a un costo controlado [2]. Desafortunadamente, las soluciones propuestas en prefabricados requieren el uso de una mezcla para la unión que no da como resultado una pared firme ni estable en etapa de construcción ni la

¹ Ingeniera Civil. Universidad de Montevideo, nrudeli@correo.um.edu.uy

² Doctor Ingeniero. Universidad de Montevideo, asantilli@um.edu.uy

posibilidad de un ahorro de tiempo total, pero la utilización de sistemas que entrelazan sus piezas y no requieren morteros hacen posible levantar una construcción económica y amortizar costos de personal [3].

En adición los prefabricados de pequeñas dimensiones (ticholos, bloques y ladrillos) requieren de la utilización de mortero de liga y por lo tanto la utilización de mano de obra especializada (oficiales) para el levantamiento de la pared que suele encarecer la construcción.

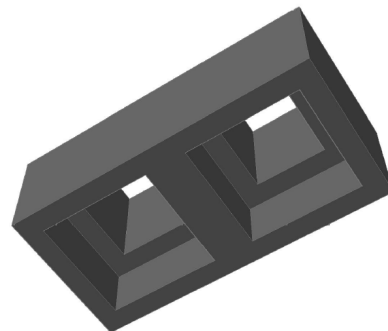
El sistema Assemblack propone una alternativa a estos problema, porque incluye un bloque prefabricado y bloques complementarios que permiten al usuario construir pilares y paredes sin la necesidad de usar mortero de unión, uniendo las piezas únicamente mediante un encastre mecánico.

2. Sistema constructivo Assemblack.- El bloque Assemblack se encuentra en proceso de ser patentado tanto en Uruguay, mediante la Solicitud N° 30.955, Rodríguez Carassus [4] y en Estados Unidos mediante la aplicación N°13/073,232, Rodríguez Carassus [5] por el Ing. Alberto Rodríguez Carassus.

En la Figura I se puede ver la pieza básica de este sistema de construcción, cuyas dimensiones son 15 cm x 30 cm x 10 cm, con dos torres huecas ubicadas simétricamente en la parte superior del bloque.



a)



b)

Figura I.- Pieza básica del sistema Assemblack

En adición al bloque, se introduce un semi bloque cuya dimensión es la mitad del primero, aunque tiene la misma sección transversal y a efectos de tener una pieza bajo puertas y ventanas se introduce una viga conocida como viga dintel con el mismo sistema de encastre que la pieza que se muestra en la Figura 1. Finalmente el sistema cuenta con una pieza de cierre, que proporciona un hueco para el encastre de la pieza inferior, pero que en la parte superior tiene una terminación lisa con el fin de coronar la pared y dar terminación.

Para el levantamiento de una pared mediante el sistema Assemblack se requiere de una platea de fundación o de vigas de fundación perfectamente horizontales, pero a diferencia de las paredes de bloques, ticholos y ladrillos, los bloques Assemblack por su alta resistencia funcionan como muros portantes, por lo que no requiere la utilización de estructura de hormigón para la transferencia de cargas. Una vez colocada la primera hilera de bloques, las demás hiladas se colocan medio bloque corrido para lograr trabar la pared.

Por otro lado los métodos tradicionales requieren de terminación mediante revoque tanto grueso como fino, pero el sistema Asseblock debido a su buena terminación puede quedar visto con una mano de pintura impermeabilizante tanto en su cara exterior como interior.

Los bloques de este sistema constructivo están realizados a partir de una mezcla basada en: relación $\frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) = \frac{4}{1}$, $\frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}} \left(\frac{\text{lt}}{\text{kg}} \right) = 0.35$, $\frac{\text{Fibra}}{\text{Cemento}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{15}$. El cemento portland utilizado es el cemento Portland normal CP 40 Artigas, por otro lado la arena utilizada es una arena de tipo terciada, agua proveniente de la red de abastecimiento OSE y fibras de de acero importada por Maccafferri (FS3N).

3. Percepción del Sistema Asseblock en Uruguay.- Para determinar la percepción que tiene el público interesado sobre el sistema constructivo Asseblock se decidió realizar una encuesta. Jaramillo [6] recomienda la utilización de una pre encuesta con preguntas abiertas a personas con conocimientos en el área, para determinar posibles preguntas cerradas a realizar en una posterior encuesta. Mediante este procedimiento se encuestaron 12 ingenieros para detectar las ventajas y desventajas que se muestran en la Tabla I.

Ventajas	Desventajas
Reducción de tiempos	Alto costo de los bloques
Reducción en aporte de leyes sociales	Problemas para el transporte
Obra limpia	Problemas para el acopio
Alta resistencia	Problemas con la instalación eléctrica horizontal
	Problemas con la sanitaria horizontal
	Problemas de humedad
	Necesidad de impermeabilización

Tabla I.- Ventajas y desventajas del sistema constructivo Asseblock, etapa de pre encuesta.

Posteriormente se realizó la encuesta definitiva en dos obras de la ciudad de Montevideo, la ampliación del Shopping Tres Cruces, Ubicado en la intersección de Av. Bulevar Artigas y 18 de Julio y en la construcción de las Torres Diamantis, Ubicadas en la intersección de Av. General Rivera y Comercio. Para ésta encuesta se entrevistaron a 20 peones prácticos, 20 oficiales y 20 técnicos con el fin de conocer su opinión.

En cuanto al sistema constructivo Asseblock los resultados de las encuesta revelan que es ampliamente aceptado por entes de la construcción para el levantamiento de paredes en edificaciones realizadas por empresas constructoras, como se puede ver en la Figura II.a.

En la Figura II.b se puede ver que la percepción general sobre el rendimiento de la mano de obra mediante la utilización del sistema Asseblock revela que la mayor parte de los encuestados creen que este sistema requiere de menos horas hombre para levantar los mismos metros cuadrados de pared que mediante sistemas constructivos tradicionales. A pesar de ello, como se muestra en la Figura II.c, la mayoría cree necesario una terminación con pintura para impermeabilizar la habitación.

A pesar de esto, una de las mayores desventajas que la encuesta revela de este sistema constructivo viene dada por la creencia de los encuestados en relación al costo del sistema. Se detectó que la mayoría de las personas encuestadas creen que el sistema tiene un costo mayor que sistemas tradicionales (Ticholos, ladrillos y bloques) (Figura II.d).

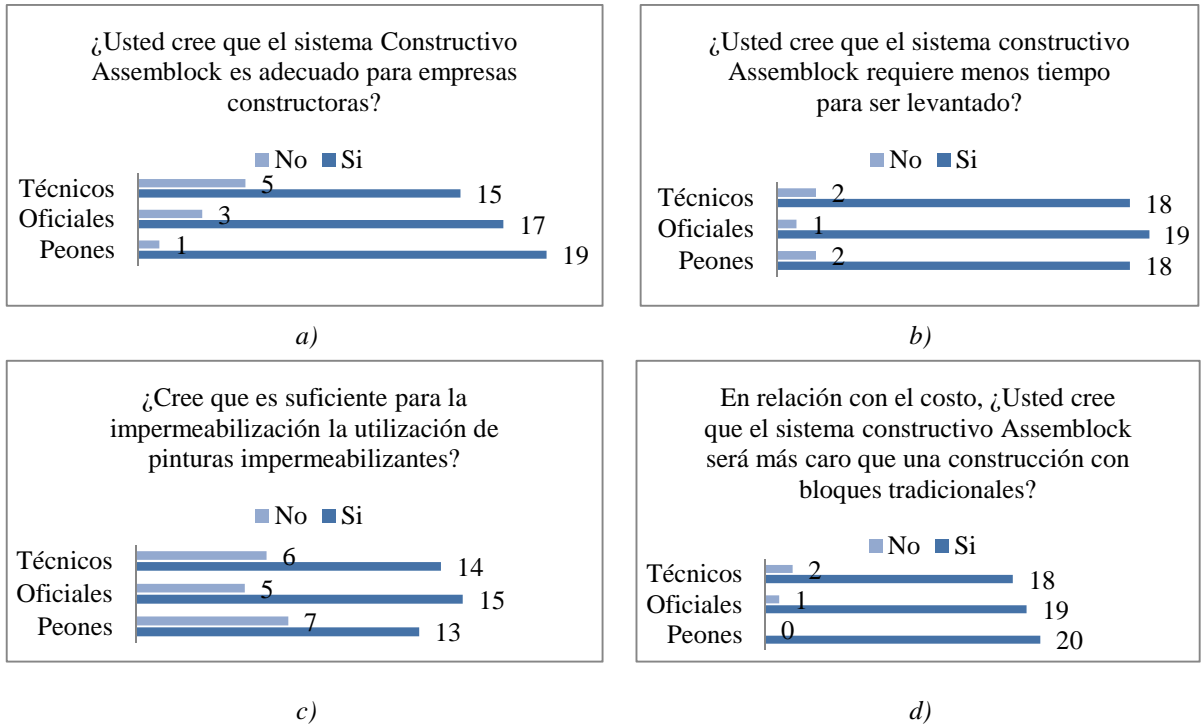


Figura II.- Resultados de la encuesta

Debido a esto en este artículo se muestra el estudio económico comparativo entre este sistema de levantamiento de muros y los actuales sistemas constructivos tradicionales que se utilizan en la Industria de la Construcción en Uruguay para un muro tipo. Se determinará el precio máximo de venta mediante los costos de producción y se comparará este último con el máximo precio de venta posible para que el costo final que afronta el cliente sea el mismo que con el sistema constructivo más económico en plaza, determinando de este modo la viabilidad económica.

Adicionalmente y atendiendo la problemática de bajos rendimientos en la industria de la construcción uruguaya, en este artículo se pretende realizar un estudio de rendimientos en obra y una comparación con datos técnicos de autores Uruguayos. De este modo se obtendrán datos fehacientes de rendimientos de la mano de obra y porcentaje de tiempo improductivo actual y posterior comparativa con datos de rendimientos existentes y por otro lado se podrá determinar de un modo estimado el rendimiento del Sistema Assemblack en obra.

4. Medición de rendimientos en obra.- La OIT [7] entiende la medición del trabajo como la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una forma de ejecución prestablecida. Según Ramírez [8] el rendimiento final se obtiene mediante la agregación de los tiempos parciales durante la medición:

$$R_j = \frac{W_j}{T_j} \tag{Ec.1}$$

Dónde:

- W_j es la cantidad de trabajo realizado.
- R_j es el rendimiento de la mano de obra.
- T_j es el tiempo empleado para realizar la cantidad de trabajo W_j .
- t_{ij} tiempo empleado para realizar una determinada tarea.

Siendo entonces:

$$T_j = t_{1j} + t_{2j} + \dots + t_{ij} + \dots + t_{nj} = \sum_i t_{ij} \tag{Ec.2}$$

La OIT [7] dice que si el tamaño de la muestra es suficientemente grande y las observaciones se efectúan realmente al azar, existe una buena probabilidad de que dichas observaciones reflejen la situación real, con un margen de error pequeño. Mediante la utilización de procedimientos recomendados por esta organización se obtuvo el tamaño de muestra mínima, resultando en 53 horas de medición experimental. Por lo que la campaña experimental abarcó un total de 63 horas de medición de rendimientos, agregando un margen de error para obtener resultados más reales.

En la medición de rendimientos se siguieron básicamente tres líneas de acción, el rendimiento de la mano de obra en el levantamiento de mampostería, el rendimiento diferenciado entre la mañana y la tarde y la diferenciación entre tiempo productivo e improductivo. Por lo que para esta medición se introducen dos conceptos, tiempo teórico y tiempo real.

- El **rendimiento teórico** es el tiempo por metro cuadrado de pared levantada que le lleva a un oficial todas las actividades necesarias para realizarla, teniendo únicamente en cuenta el tiempo productivo y descartando el tiempo improductivo.
- El **rendimiento real** es el tiempo por metro cuadrado de pared levantada que le lleva a un oficial todas las actividades necesarias para realizarla, teniendo en cuenta las actividades de levantamiento de la pared y el tiempo improductivo.

Las mismas consideraciones de rendimiento teórico y rendimiento real son válidas para peones prácticos que asisten a los oficiales. Y adicionalmente con la medición de tiempos en obra, se consideraron rendimientos expresados por dos autores Uruguayos Caviglia [9] y Casteau [10] que se muestran en la Tabla II.

	Assemblack	Ladrillo	Ticholo	Bloque	Ticholo Rejilla
Horas por m² experimentales(Teóricos)	0,35	0,84	0,75	0,84	0,80
Horas por m² experimentales (Reales)	0,541	1,183	0,996	1,157	1,322
Horas por m² Caviglia	-	1,30	1,00	1,20	1,50
Horas por m² Casteau	-	1,40	0,80	1,30	1,30

Tabla II.- Rendimientos promedio de diferentes sistemas constructivos.

Aguilar y Hernandez [10] definen la medición de eficiencias, entendiendo como eficiencia al aprovechamiento de tiempos para producir una determinada cantidad de obra, como:

$$Real = (Teórico) * (factor de afectación) \tag{Ec.3}$$

Con base en este criterio, el tiempo real de un proceso se puede indicar como un tiempo teórico o a partir de una eficiencia de referencia, valorada a través de un factor de afectación.

Adicionalmente en la Tabla III se presentan los rendimientos medidos en obra para peones prácticos que asisten a los oficiales, estos rendimientos fueron calculados en base a la suma de actividades que realizan los peones, como ser producción de material, acarreo de material y acarreo de mampostería.

	Ladrillo	Ticholo	Bloque	Ticholo Rejilla
Horas por m² experimentales	0,89	0,56	0,46	1,03
Horas por m² Casteau	0,80	0,45	0,60	0,60

Tabla III.- Comparación de promedios de horas de peones necesarias por metro cuadrado de pared levantada.

4.1. Rendimiento Asseblock.- Se promedian los porcentajes de tiempos improductivos entre los diferentes sistemas constructivos, para obtener un tiempo improductivo promedio en una obra de nuestro país. Con estos datos y mediante la utilización de la (Ec. 3), en la Tabla 2 se construyen los rendimientos reales esperados del sistema constructivo Asseblock en una obra de Uruguay. El promedio de improductividad calculado resulta ser de un 55% y el rendimiento esperado del sistema Asseblock en obra es de 0.541 horas por metro cuadrado de pared.

4.2. Comparación de resultados.- En el desarrollo de la campaña se detectó una sobre estimación en los valores de Caviglia [9] y Casteau [10], como se puede ver en la Tabla IV se muestran las diferencias en porcentajes entre los valores obtenidos en este trabajo y los valores expresados por autores Uruguayos, de donde se puede concluir que la diferencia promedio entre los valores es de aproximadamente 8%.

	Ladrillo	Ticholo	Bloque	Ticholo Rejilla
Diferencia Caviglia	9,03%	0,37%	3,59%	11,86%
Diferencia Casteau	15,53%	10,70%	11,01%	1,70%

Tabla IV.- Diferencia de rendimientos entre Teóricos, Caviglia [9] y Casteau [10]

4.3. Rendimiento Mañana/Tarde.- Adicionalmente a la campaña experimental se decidió estudiar los rendimientos diferenciados entre mañana y tarde, para poder extraer conclusiones sobre el comportamiento del personal en diferentes horas del día.

Se presentan en la Tabla V, los resultados promedios de los rendimientos en la mañana y en la tarde para los diferentes sistemas constructivos estudiados y la diferencia en porcentaje de los mismos.

	Ladrillo	Ticholo	Bloque
Mañana	1,139	0,898	1,033
Tarde	1,270	1,041	1,219
Diferencia en %	10,4	13,7	15,3

Tabla V.- Comparación de rendimientos Mañana/Tarde.

Como se puede ver en la Tabla V, los rendimientos expresados en horas necesarias para levantar un metro cuadrado de pared de cada tipo se ven afectados por el momento del día en donde se tomaron las mediciones.

En promedio los trabajadores de las obras estudiadas rinden 13% menos en el horario de la tarde que en el horario de la mañana. Para un cálculo más preciso se recomienda utilizar rendimientos diferenciados para los diferentes turnos.

5. Análisis de costos.- En esta sección se expondrán los costos (expresados todos en pesos uruguayos) para realizar una pared tipo de 5 metros de largo por 2.80 metros de altura en las siguientes condiciones:

- En caso de realizar de paredes de ladrillos, el ladrillo quedará visto y serán necesarios levantar dos pilares de 15 cm x 20 cm.
- En caso de levantamiento de paredes con bloques, ticholos y ticholos rejilla se revocará la pared con revoque grueso y luego revoque fino, y serán necesarios levantar dos pilares de 15 cm x 20 cm.
- En caso de levantamiento con bloques Assemblack, se considera la pared con pintura impermeabilizante tanto en el exterior como en el interior de la pared.

Los pilares de traba, para la pared tipo, se considerarán armados con 4 barras de 10 mm de diámetro verticalmente y estribos de 6 mm de diámetro separados cada 20 cm a modo de ejemplo.

Los costos de los pilares fueron obtenidos a partir de los rendimientos expresados por Caviglia [9] en donde la elaboración y colocación de hormigón en pilares está compuesta por 1.3 horas de oficial y 7.0 horas de peón para cada metro cubico de hormigón colocado dentro de un pilar.

A su vez el mismo autor expresa que para armaduras, el trabajo del hierro conlleva 0.04 horas de oficial y 0.04 horas de peón por cada kilogramo de hierro trabajado.

Se consideraron diferentes cotizaciones de barracas en Uruguay y la cotización del importador de fibras y se tomaron los valores más bajos en cada rubro como se enumera a continuación:

- El costo de mampostería se calculó a partir de las cantidades de mampuestos que Caviglia [9] considera en cada caso y a los siguientes precios unitarios: El ladrillo de campo fue cotizado a \$6, el bloque común a \$15, el ticholo a \$26 y el ticholo rejilla a \$30.
- En el caso del costo por hora de un oficial y de un peón se consideraron los precios establecidos por el Laudo de la construcción a Octubre del 2012.
- El costo de la mezcla gruesa y fina fue considerado en base a la dosificación recomendada por Caviglia [9], un costo de \$1.297 el metro cúbico de la arena y \$136 los 25 kg de portland.
- El costo de los pilares se estableció bajo un hormigón C25, con un costo de arena y portland iguales a los anteriormente mencionados, un costo de \$540 para el pedregullo, un costo de \$116 para la barra de 6 mm de diámetro y de 12 metros de largo y un costo de \$340 para una barra de 10 mm de diámetro y 12 metros de largo.

Se consideró el sistema constructivo tradicional más económico (teniendo en cuenta los rendimientos anteriormente mencionados y las condiciones descritas) y se calculó el precio máximo de venta para el sistema Assemblack.

Es decir, se igualó el precio del sistema constructivo más económico al precio de venta del bloque Assemblack teniendo como variable el precio de un bloque y por lo tanto obteniendo el máximo precio de venta del bloque Assemblack para que este sea igual que adquirir el sistema más económico en plaza. En este caso se tuvo en cuenta:

- El costo de la arena, portland igual que los anteriores.
- El costo de la fibra de metal FN1 de Maccaferri a \$1.108 el Kg.
- Los bloques Assemblack serán levantados por peones prácticos y pintados por oficiales con membrana líquida de Sika, este rendimiento según Caviglia (1998) es de 0.4 horas por metro cuadrado de pared pintada.
- El costo de la pintura Sika es de \$2.469 los 20 Kg y el rendimiento promedio es de 1 kg por metro cuadrado de pared.

Adicionalmente se calculó el costo de producción en base a una dosificación seleccionada y teniendo en cuenta un sobre costo del 50% que incluye un beneficio para la empresa productora,

un beneficio para la barraca o distribuidor que venda el producto Assembled y el costo de producción.

Se puede concluir a partir de este estudio que el precio máximo de venta (es decir el que el cliente está dispuesto a pagar) es mayor que el mínimo precio de venta calculado a partir de costos de producción y sobrecostos, por lo que el sistema es económicamente viable y representa el mismo o un menor costo para el cliente que el sistema más económico en plaza.

6. Conclusiones.- Por un lado, en cuanto a rendimientos de la mano de obra, se puede concluir que los autores Uruguayos tienen una sobrestimación del 8% de los rendimientos en levantamiento de mampostería. Por otro lado, la mano de obra en general rinde aproximadamente un 15% menos en el horario de la tarde que en el de la mañana y el rendimiento esperado para el sistema Assembled es de 0.541 horas por m²

En cuanto a la viabilidad económica se puede concluir que el sistema Assembled es viable dentro del mercado Uruguayo y que es aceptado por los entes interesados. Por lo que es recomendable su producción y comercialización dado que quedó demostrado que el costo en el que incurre un cliente es el mismo o menor mediante el sistema Assembled que con el sistema más económico en plaza.

7. Agradecimientos.- Un agradecimiento al Ing. Delgado y al Ing. Restano por permitir la medición en la Ampliación del Shopping Tres Cruces y la construcción de las Torres Diamantis Plaza respectivamente. Un agradecimiento al Ing. Alberto Rodríguez Carassus por permitir el estudio de este sistema constructivo y un agradecimiento especial a Nicolás Olivera por su gran aporte en la producción de los bloques para los ensayos realizados.

8. Referencias.-

- [1] <http://www.mtss.gub.uy>, Página del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, laudo de la construcción al 24 de octubre del 2012.
- [2] D. Fernández Ordoñez, J. Fernández Gómez, Industrialización para la construcción de viviendas, Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón. Informes de la Construcción, Vol 61, 2009.
- [3] N. Atila, Casas prefabricadas en Hungría, Construcción, Aitim, 2001.
- [4] Rodríguez Carassus, Solicitud de patente de Invención N° 30.955 “Bloque autotrabante y piezas complementarias para el levantamiento de pilares y paredes autoportantes”, Dirección Nacional de Propiedad Intelectual, Uruguay, 2008.
- [5] Rodríguez Carassus, Patent Application 13/073,232, United States Patent Application Publication. “Selflocking block and complementary pieces for the raising of pillars and free-standing walls”, 2011.
- [6] Jaramillo, Serie aprender a investigar, del instituto colombiano de enseñanza superior, ICFES publicaciones, 1999.
- [7] OIT, Oficina Internacional Del Trabajo, Introducción al Estudio del trabajo. 4ª edición. Ginebra, 1957.
- [8] Antonio Ramírez de Arellano Agudo. Presupuestación de obras. Sevilla, Universidad de Sevilla, Publicaciones de la Universidad de Manuales Universitarios, 1998.
- [9] Ing. Jorge C. Caviglia. Análisis de costos y presupuestación de obras, 4ta edición, 1999.
- [10] Casteau, Apuntes Arquitecto Casteau, Presupuestación de obras, Universidad de Montevideo, 2011
- [11] Aguilar, Hernandez, Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimientos de la mano de obra, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, 2007.