

**ANÁLISIS DE DESPERDICIO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES
DE LA EMPRESA DE DISEÑO E INGENIERÍA DE CIEGO DE ÁVILA**
***ANALYSIS OF WASTE IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS OF THE
DESIGN AND ENGINEERING COMPANY OF CIEGO DE ÁVILA***

Autores: Aymet Machado Jácome
Mayilennys Liens Blanco

Institución: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

Correo electrónico: aymet@unica.cu

RESUMEN

Se considera que el desarrollo de la construcción es un medidor del crecimiento del pueblo, generando grandes beneficios para el país, pero igualmente ocasiona grandes impactos ambientales negativos, que deben ser controlados. Los desperdicios generados en esta industria son inevitables, repercutiendo directamente en el costo de la construcción, su incremento desmedido afecta el presupuesto original de la obra por lo que hace necesario que las empresas adopten procedimientos y patrones de control con el fin de mejorar la productividad de los recursos. La construcción en la ciudad de Ciego de Ávila, principalmente de pequeño y mediano tamaño, está fundamentada en su gran mayoría en el uso de procesos tradicionales los cuales muchas veces reflejan mala organización, uso de tecnología obsoleta, poca optimización de los recursos, pero sobre todo una planificación y organización no adecuada. La empresa de diseño EDIN de la provincia Ciego de Ávila cuenta dentro de sus proyectos con una gran cantidad de obras muertas, a las que se le hace necesario determinar la productividad de los recursos. Para el desarrollo de este trabajo se escogieron dos de ellas el edificio CAP III y Viviendas de Comunes, donde se realizó un estudio del comportamiento y causas de desperdicios en las obras.

Palabras clave: Desperdicios, Materiales, Construcción.

ABSTRACT

It is considered that the development of the construction is a meter of the growth of the town, generating big benefits for the country; but equally it causes big negative environmental impacts that should be controlled. The waste generated in this industry is unavoidable, rebounding directly in the cost of the construction, its limitless increment affects the original budget of the work; for that IT makes necessary that the companies' procedures and control patterns adopt with the purpose of improving the productivity of the resources. The construction in Ciego de Ávila City, mainly of small and medium size, it is based in its great majority in the use of traditional processes which many times reflect bad organization, use of obsolete technology, little optimization of the resources, but mainly a planning and non-appropriate organization. The company of design of the county COED (Company of Engineering Design) has inside its projects a great quantity of disused works, to those that it is made necessary to determine the productivity of the resources. For the development of this work two of them were chosen the building CAP III and Housings of Communal, where a study was carried out of the waste behavior in the works the causes of these waste.

Keywords: Waste, Materials, Construction.

INTRODUCCIÓN

La construcción de obras es un medidor del crecimiento de pueblos, ciudades y países en todo el mundo. Cada vez se busca realizar proyectos más grandes en un tiempo determinado que satisfagan las necesidades del ser humano y consecuentemente aumenten el desarrollo económico del lugar. Para lograr estos objetivos es importante que la industria de la construcción potencie sus procesos y desarrolle procedimientos y patrones de gestión orientados a la mejora de la productividad de los recursos utilizados en este sector, lo que conlleva al control de las pérdidas o desperdicios de materiales.

Se considera que el crecimiento de la construcción trae grandes beneficios para el país, mejora las condiciones de vida (generación de empleo, incremento de la producción), pero igualmente ocasiona impactos negativos (el consumo de

recursos naturales, generación de ruido, vibraciones, olores, polvo, residuos sólidos, líquidos), que deben ser controlados y que es más la necesidad de crear ambientes seguros y saludables de trabajo y disponer de procedimientos para vigilar la generación de desperdicios en los procesos constructivos, observando las exigencias de leyes, reglamentos y normas que rigen sobre la protección del ambiente. (Carrillo, 2015).

Los desperdicios tienen una serie de características significativas que pueden determinar la forma en que se les clasifica. El método de clasificación más difundido es el utilizado por la empresa TOYOTA dentro del marco de su sistema de producción, el cual se basa en la eliminación total de las pérdidas ocurridas durante el flujo del proceso productivo. A continuación se detallan los 7 tipos de desperdicio señalados por esta teoría según los presenta Pires (1998):

1. Pérdidas por superproducción: Se refiere a los desperdicios de recursos generados por la fabricación de productos en mayor cantidad a la necesaria.
2. Pérdidas por transporte: Se hace referencia a los gastos innecesarios en los que se incurre al transportar recursos de una ubicación a otra, porque esta actividad no agrega ningún valor al producto final, por lo que se recomienda disminuirla al máximo.
3. Pérdidas por almacenamiento: Son los costos en los que se incurre por ocupar el espacio de almacenamiento y el riesgo de pérdida o destrucción del material almacenado.
4. Pérdidas por movimiento: Se refiere a los movimientos innecesarios realizados por los trabajadores durante la ejecución de sus labores.
5. Pérdidas por espera: Está compuesto por aquellos periodos de tiempo en los cuales los recursos generan gasto, pero no están siendo utilizados debido a diferentes motivos.
6. Pérdidas por productos defectuosos: Son los costos adicionales en los que se incurre cuando un producto no ha sido fabricado de acuerdo a las características de calidad solicitadas por el proyecto.
7. Pérdidas del propio proceso: Se refiere a actividades que no son necesarias para lograr el producto final según las especificaciones

solicitadas y que están incluidas dentro del proceso mismo. Todos los tipos de pérdidas mencionados han sido determinados considerando los desperdicios que se pueden encontrar en un proceso industrializado típico, es necesario encontrar una mejor aproximación a la industria de la construcción por ser un sector con características muy particulares en el uso de sus recursos (layouts variables, distintos proveedores entre proyectos, procesos poco industrializados).

Así, por ejemplo, Formoso, clasifican a los desperdicios considerando la etapa del proceso en que se ocasiona la pérdida (Recepción, almacenamiento, transporte interno y producción) y el origen de la misma (Proyecto, Recursos Humanos, Proveedores, Fabricación de materiales y Planeamiento).

Los autores consultados aportan valiosa información respecto a las características que hay que considerar para elaborar una apropiada clasificación del desperdicio de materiales, en base a estos trabajos y a la experiencia recolectada de la presente investigación se ha elaborado el siguiente esquema que se representa en la figura1, que nos servirá de base para analizar la producción de desperdicios en el caso de estudio. (Desperdicio de materiales en obras de construcción, 2013)

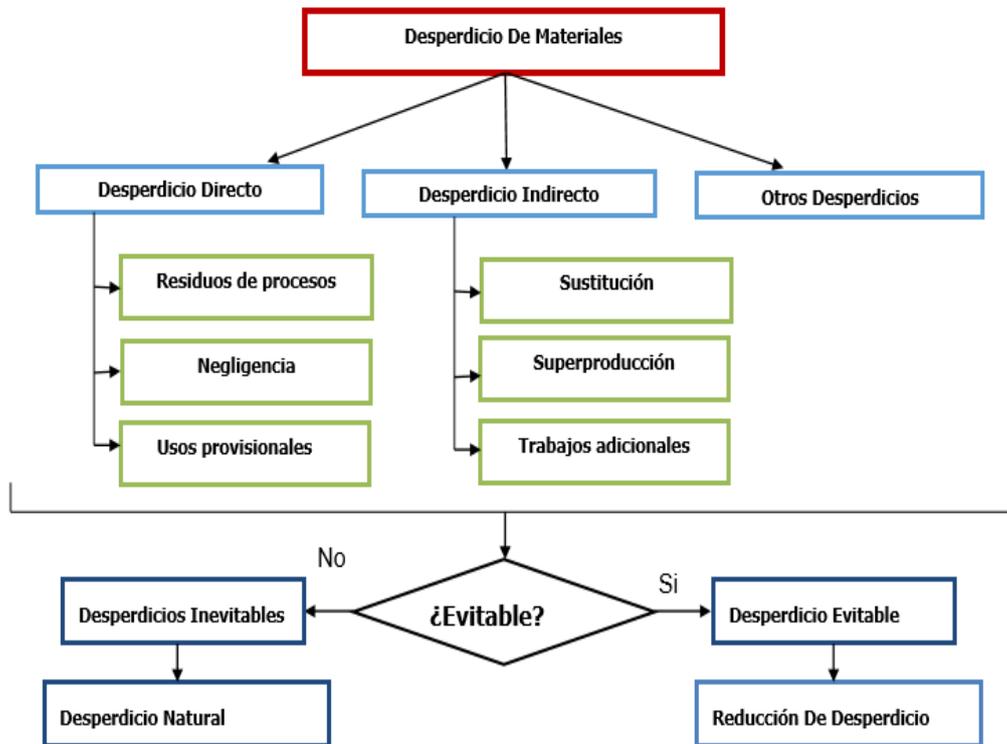


Figura 1: Clasificación de los Desperdicios.

La construcción en la ciudad de Ciego de Ávila, principalmente de pequeño y mediano tamaño, está fundamentada en su gran mayoría en el uso de procesos tradicionales los cuales muchas veces reflejan mala organización, uso de tecnología obsoleta, poca optimización de los recursos, pero sobre todo una planificación y organización no adecuada. Partiendo de este contexto, los desperdicios no ocurren simplemente porque sí, éstos son el resultado de la combinación de diversos factores, identificados entre ellos: el equipo técnico, el medio ambiente de trabajo y el trabajador, el eslabón más débil reside en la organización y gestión y no tanto en los aspectos tecnológicos ni de equipamiento.

El objetivo de la investigación es identificar las principales causas que generan desperdicios de materiales en las obras de la empresa de diseño e ingeniería de Ciego de Ávila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis del desarrollo de la investigación se tomaron dos edificios de muestras de los proyectos en curso, estos representan la tipología básica de todas las obras en producción.

Edificio de Comunales «VIVIENDA DE 3 DORMITORIOS».

Esta obra consiste en la realización de una vivienda, mediante el método de construcción progresiva: La cimentación fue construida con hormigón fundido in situ, con hormigón de 15mPa para los dados con una profundidad mínima de 600 mm y para la viga zapata se empleó hormigón de 20 MPa, la cual presenta una sección de 200 x 300 mm, se utilizó acero Ø10 mm para los cercos y Ø12 mm para las barras rectas. Las columnas serán de tubos de metal de diámetro de 150 mm. Las vigas estarán a 2.10 m a partir del nivel de piso terminado con Ø10 mm para los cercos y Ø12 mm para las barras rectas, de sección 150x300 mm. Las losas de entrepiso y cubiertas serán fundidas in situ con un espesor de 120 mm con aceros de Ø12 mm. La escalera será fundida in situ con aceros de Ø10 mm y Ø12 mm. Para las losas de cubierta y entrepiso, las vigas y la escalera se utilizaron hormigón de 20MPa.

Edificio CAP III

Esta obra consiste en la modificación de variante 7 del sistema GPIV (Gran Panel IV), el edificio constará de 5 plantas y presentará 20 dormitorios. La cimentación corrida fue construida con hormigón fundido in situ, con hormigón de 20mPa para los con una profundidad mínima de 700 mm, y para la viga zapata se empleó hormigón de 20 MPa, la cual presenta una sección de 300x300 mm, se utilizó acero Ø10mm para los cercos y Ø12mm para las barras rectas. Las columnas serán prefabricadas. Las vigas estarán a 2.40 m a partir del nivel de piso terminado con Ø10 mm para los cercos y Ø12 mm para las barras rectas, de sección 200x300mm. Las losas de entrepiso y cubiertas serán fundidas in situ con un espesor de 120 mm con aceros de Ø12 mm. Para las losas de cubierta y entrepiso, las vigas se utilizaron hormigón de 20MPa.

Evaluación del Porcentaje de Desperdicios en la Construcción.

Una vez identificados los materiales sobre los cuales se debe mantener control, para asegurar la reducción del volumen de material eliminado y el costo de los desperdicios se proceden a evaluar alternativas viables con la finalidad de controlar los desperdicios.

Método del Cálculo de Porcentaje de Desperdicio del Acero

Para el cálculo de porcentaje de desperdicio del acero se realiza el siguiente procedimiento:

Se determina la cantidad de acero que se requiere (A) en base a las planillas establecidas en los planos estructurales, en kilogramos de acero. Mediante la revisión de las facturas correspondientes a la compra de acero para el proyecto, se obtiene la cantidad de acero total comprada (B). Se calcula el porcentaje de desperdicio teórico del acero mediante la diferencia entre la cantidad real comprada y la cantidad teórica requerida, en relación a la cantidad de acero especificada en los planos.

$$\% \text{ Desperdicio Teorico de Acero} = \frac{B - A}{A} * 100$$

El desperdicio real del acero (C) se obtiene recolectando los pedazos, retazos o piezas de varillas que ya no tienen uso alguno, para después pasarlo por el laboratorio. El porcentaje real de desperdicio del acero en obra se obtiene dividiendo la cantidad de desperdicio pesada para la cantidad de acero comprada. (Autores, 2010).

Método del Cálculo del Porcentaje de Desperdicio de la Madera

Cabe mencionar que el uso de la madera en encofrado puede ser reutilizado en un determinado número de veces, y en base al mantenimiento y al cuidado que los trabajadores apliquen para alargar su vida útil, por lo que, en este caso, no se existe un porcentaje de desperdicio teórico, solamente se considera el desperdicio real, cuyo cálculo se obtiene a través de siguiente procedimiento:

Se determina la cantidad de madera inicial en kilogramos mediante la revisión de las facturas correspondientes a la compra de madera para la obra e inventario de bodegas (A). Se obtiene la cantidad de madera desperdiciada en Kilogramos, mediante la recolección de residuos en obras (B), por lo que se identifica los pedazos de madera que no han sido utilizados de aquellos que si fueron utilizados en algún momento. Se calcula el porcentaje de desperdicio real de la madera mediante la relación entre la cantidad de desperdicios pesada y la cantidad comprada como se muestra en la ecuación:

$$\% \text{ Desperdicio Real de Madera} = \frac{B}{A} * 100$$

Hormigón In Situ

El hormigón In Situ, es aquel elaborado en obra por los trabajadores. Aunque se lo puede realizar mediante dosificación al peso, debido a las condiciones de trabajo la gran mayoría de veces se realiza bajo dosificaciones volumétricas con el uso de «parihuela 6». La calidad de este tipo de concreto suele ser inferior a la del hormigón premezclado, debido a que no existe un riguroso control en su elaboración ni en el estado que se encuentran sus componentes. (Desperdicio de materiales en obras de construcción, 2013).

Método de Cálculo de Porcentaje de Desperdicio de los Agregado

El desperdicio de los agregados, al igual que la madera y el acero, se obtienen mediante el siguiente procedimiento:

Se determina la cantidad de agregado (fino o grueso) que se requiere (A) mediante el cálculo de los volúmenes de obra del hormigón que se va a realizar In Situ. Este volumen de hormigón se obtiene de los planos estructurales originales. El desperdicio real del agregado (B) se obtiene al calcular la cantidad real usada en la obra (calcular los volúmenes de obra reales del hormigón In Situ, y determinar el agregado en base a la dosificación aplicada). Se calcula el porcentaje de desperdicio teórico del agregado, mediante la diferencia entre la cantidad del agregado real medida y la que se requiere en planos en relación a la cantidad de agregados especificados en los planos.

$$\% \text{ Desperdicio Teórico del Agregado} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Mediante la revisión de las facturas correspondientes a la compra de agregados para el proyecto, se obtiene la cantidad de agregados total comprada (C). El porcentaje real de desperdicio del agregado en obra se obtiene a través de la siguiente forma:

$$\% \text{ Desperdicio Real del Agregado} = \frac{C - B}{C} * 100$$

Método de Cálculo de Porcentaje de Desperdicio de Cemento

En esencia, el proceso de cálculo de desperdicio del cemento es exactamente el mismo del agregado.

Se determina la cantidad de cemento que se requiere (A) mediante el cálculo de los volúmenes de obra del hormigón que se va a realizar In Situ. Este volumen de hormigón se obtiene de los planos estructurales originales. El desperdicio real del cemento (B) se obtiene al calcular la cantidad real usada en la obra (calcular los volúmenes de obra reales del hormigón In Situ, y determinar el agregado en base a la dosificación aplicada). Se calcula el porcentaje de desperdicio teórico del cemento, mediante la diferencia entre la cantidad del agregado real medida y la que se requiere en planos en relación a la cantidad de agregados especificados en los planos. (Desperdicio de materiales en obras de construcción, 2013).

$$\% \text{ Desperdicio del Cemento} = \frac{A - B}{A} * 100$$

Mediante la revisión de las facturas correspondientes a la compra de cemento para el proyecto, se obtiene la cantidad de cemento total comprada (C). El porcentaje real de desperdicio del cemento en obra se obtiene a través de la siguiente forma:

$$\% \text{ Desperdicio Real del Cemento} = \frac{C - B}{C} * 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los resultados de los desperdicios en obra.

Al terminar la construcción de las obras como parte del estudio, se agrupan los resultados de desperdicios obtenidos de los materiales más representativos (hormigón, acero, cemento, bloque, madera y agregados) de la etapa de estructura y se analizan los mismos. Finalmente, se indica un resumen de porcentajes de cada material analizado y una comparación entre los resultados de cada proyecto.

Para analizar el desperdicio de materiales de una manera más sencilla, se obtuvo los volúmenes de obra de cada uno de los elementos de la estructura en los dos proyectos de estudio, por separado como se muestra en la tabla 1. Los porcentajes de desperdicios obtenidos, son el producto de la variación del número y dimensiones en elementos como vigas, espesores de losas y escaleras, la falta de control de la supervisión, alta de mano de obra calificada, falta de entrenamiento, el diseño el suministro de materiales, falta de planeación. Las tablas, datos y métodos de cálculo aplicados durante esta investigación se resumen a continuación.

Edificio Comunales					
Material	Cantidad teórica en planos (A)	Cantidad Comprada (B)	Cantidad de residuos pesados (C)	% desperdicio Teórico	% desperdicio real
Acero(kg)	2849.47	2864.31	67.56	0.52	2.35
Madera(kg)	480.92	484.88	20.36	0.81	4.19
Arena(m ³)	8.83	17.32	3.45	49.01	19.91
Gravilla(m ³)	20.56	22.38	1.45	8.13	6.47
Cemento(m ³)	4.618	7.63	1.24	39.47	16.25
Edificio Cap. III					
Material	Cantidad teórica en planos (kg) (A)	Cantidad Comprada (kg) (B)	Cantidad de residuos pesados (kg) (C)	% desperdicio Teórico	% desperdicio real

Acero(kg)	1800.7	1804.32	21.16	0.2	1.17
Madera(kg)	230.15	227.96	18.7	0.95	8.20
Arena(m ³)	9.19	40.14	2.5	77.10	6.22
Gravilla(m ³)	22.97	23.72	1.72	3.16	7.25
Cemento(m ³)	5.51	15.91	0.97	65.36	6.09

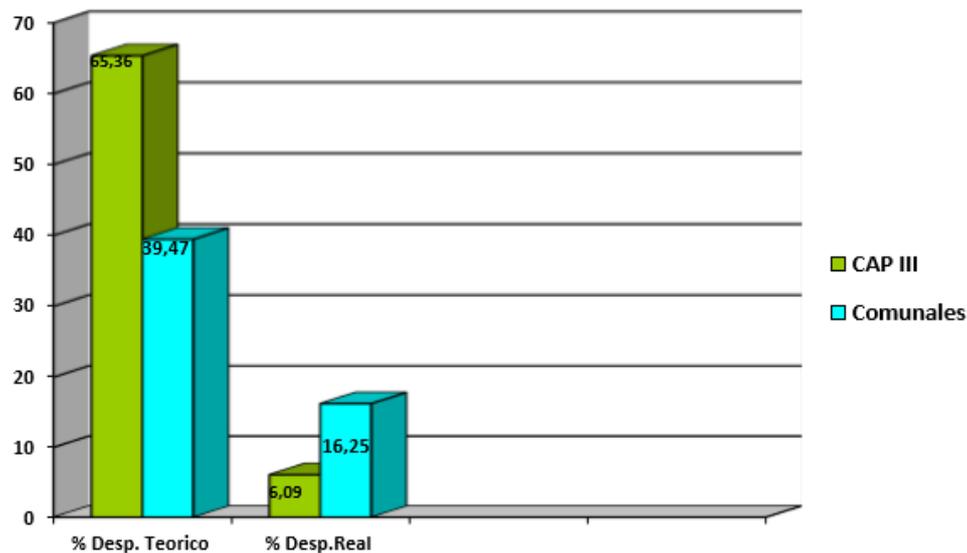
Tabla 1: Análisis de los desperdicios generados en las construcciones de estudio.

En el Edificio de comunales existió mayor desperdicio, en razón a la falta de manejo de procedimientos especiales para los cortes de barras. A pesar que en el edificio CAP III se realizó un incremento en vigas que se construyeron y la prolongación de muros de 1 metro, el porcentaje de desperdicio real no es alto, esto indica que se compró realmente lo que se requería en ese momento.

En el caso de la madera los valores de desperdicio teóricos son relativamente bajos y la razón principal es que en el armado del encofrado en el inicio de la construcción es en el que más se desperdicia la madera, debido al corte del material para adaptarse al tamaño de los elementos estructurales. Los principales aspectos que causaron el aumento del desperdicio real fue por causa de las modificaciones en las vigas y losas en el pos proyecto.

Para la Árido Fino (arena) como se puede observar que existe una gran diferencia entre el desperdicio teórico y real, la razón es el aumento de dimensiones en las obras que no estaban planificadas, se puede señalar también que el almacenaje de este material no era el correcto, muchas veces se mezclaba con los escombros de la obra para el caso del CAP III, mientras para el edificio de comunales las deficiencias fueron los manejos múltiples de la arena, la falta de ubicación adecuada para recibir el material en obra, la no existencia de un control de calidad ni de cantidad, siendo el mismo difícil de medir. Cuando se analiza el Agregado grueso la diferencia entre los porcentos de desperdicio real y teórico, partiendo de que se realizaron en las obras de último momento, es producto del mal control de la producción de hormigón elaborado en la obra. El cemento fue el material empleado en la elaboración de hormigón in situ, y en la fabricación de morteros en las construcciones presentó un desperdicio real entre 6,09 y 16,25 respectivamente, valores relativamente bajos comparados

con los desperdicios teóricos como se muestra en la gráfica 1. Esto significa que se utilizó más cemento que lo planificado.



Gráfica 1: Comportamiento del desperdicio de Cemento en los edificios de estudio

CONCLUSIONES

Del estudio realizado a los edificios Cap. III y comunales, en relación a los desperdicios generados en el proceso constructivo, se puede precisar donde se generan algunos desperdicios no justificados en los materiales en estudio determinando:

Los materiales pétreos son los que mayores desperdicios presentan durante la construcción, la pérdida de estos está dada durante el transporte de los agregados, el almacenamiento en obra, la falta de control que pueden sufrir durante la dosificación de hormigones y morteros en obra y los factores externos a los que se encuentran expuestos (lluvia, viento, vandalismo, posible mezcla con escombros). A medida que la geometría de la estructura sea irregular, la generación de desperdicios sea mayor, tanto en herramientas, materiales y tiempo. La falta de control de inventario y orden de bodegas provoca un aumento en la compra de materiales, lo cual incide directamente en la cantidad de desperdicios que se generan a lo largo de la construcción. La falta de supervisión de obra por parte de los ingenieros implica que los trabajadores puedan tomar decisiones no acertadas o a lo largo del trabajo, generando errores y

consecuentemente produciendo desperdicios, tanto de materiales, como tiempo y recursos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- CARRILLO, J.; APERADOR, W. Y ECHEVERRÍA, F.: *Ingeniería, investigación y tecnología*. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/journal/14057743>. Visitado el 19 de diciembre de 2015.
- Colectivo de autores: *Materiales de construcción*, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, 2010.
- Departamento de protección ambiental de la Florida: *Guía para preparar un Plan de Reducción de Desperdicios*, Tallahassee, Florida, 2013.
- GLINKA, M.; VEDOYA, D. Y PILAR, C.: *Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición*, Chaco, Argentina, 2014.
- GALARZA, P.: *Desperdicios de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control*, Lima, Pontificia Universal Católica de Perú, 2013.
- GARCÍA RIVERO, J.L.: *Manual Técnico de la Construcción*, 4ta edición, Ed. Fernando Purrúa, 2013.
- GHIO, V.: *Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta*, Lima, 2011.
- METROPOLITANA: *Residuos sólidos especiales*, Montevideo, Uruguay, 2014.
- NC 100: *Cemento Portland de alta resistencia inicial*, La Habana, 2001.
- NC 101: *Cemento Blanco*, La Habana, 2001.
- NC 120: *Hormigón Hidráulico — Especificaciones*, La Habana, Oficina Nacional de Normalización (NC), 2014.
- NC 184: *Arena*, La Habana, 2002.
- NC 207: *Requisitos generales para el diseño y construcción de estructuras de hormigón*, La Habana, 2003.
- NC 251: *Áridos Para Hormigones Hidráulicos — Requisitos*, La Habana, Oficina Nacional de Normalización (NC), 2013.
- NC 353: *Aguas para el Amasado y Curado del Hormigón y los Morteros- Especificaciones*, La Habana, Oficina Nacional de Normalización, 2004.

NC 7: *Barras de acero para refuerzo de hormigón*, La Habana, 1998.

NC 95: *Cemento Portland*, La Habana, 2001.