

SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION CIVIL: EMPLEO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION EN LA FABRICACIÓN DE POSTES DE TENDIDO ELECTRICO DE HORMIGON ARMADO

SUSTAINABILITY IN THE CIVIL CONSTRUCTION INDUSTRY: USE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN THE MANUFACTURE OF ELECTRIC LAYING POSTS OF REINFORCED CONCRETE

VICTOR SOSA Y SUSANA ZUBILLAGA

PALABRAS CLAVES

Agregado reciclado, RDC, Pre-moldado, Postes de hormigón.

SOBRE LOS AUTORES

Victor Sosa es Ingeniero civil y trabaja en B&B Construcciones S.A. Asunción, Paraguay.

Susana Zubillaga es MSc. en desarrollo local sostenible y Docente de la Universidad Columbia del Paraguay.

CONTACTO

svsicososa@gmail.com

RESUMEN

La construcción y restauración de edificaciones e infraestructuras urbanas generan residuos sólidos, que deben ser gestionados de manera a garantizar su correcta disposición, de modo a mitigar el impacto ambiental. El uso de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en la elaboración de hormigones, viene siendo una práctica común en países desarrollados, siendo una alternativa para reducir el volumen de residuos, como también aminorar el consumo de agregado fino o bien del cemento. Para este trabajo se realizó un estudio piloto sobre la adición del RCD en la elaboración de hormigones con resistencias moderadas para la fabricación de postes de tendido eléctrico. Para tal propósito, se empleó el método de dosificación ABCP/ACI (1980), como aglomerante el cemento CPII-Z-32, arena lavada, piedra triturada y el RCD como material de estudio con 5 a 20% de proporción de sustitución con los agregados. Este material, fue evaluado en estado fresco, a través de los

ensayos de cono de Abrams y densidad específica, ya en el estado endurecido, se observó la resistencia a compresión axial a los 7, 14 y 28 días, y la resistencia a tracción indirecta y el modulo de elasticidad fueron ensayados a los 28 días. Por último, se concluye, que los hormigones elaborados con RCD presentaron resistencias ligeramente inferiores a los hormigones con agregados convencionales, siendo en torno al 8,0% en la resistencia a compresión axial, 3,0% en la resistencia a tracción y 10,0% en relación al modulo de elasticidad, sin embargo, las propiedades mecánicas alcanzadas, son adecuadas para la utilización en piezas pre-moldadas de hormigón.

KEYWORDS

Recycled aggregate, CDW,
Precast, Concrete pole.

Fecha de recepción
10/10/2019

Fecha de aceptación
23/12/2020

ABSTRACT

The construction and rehabilitation of buildings and urban infrastructures generate solid waste, which must be managed in order to guarantee their correct disposition, so as to mitigate the environmental impact. The use of Construction and Demolition Waste (CDW) in the manufacture of concrete is a common practice in developed countries, being an alternative to reduce the consumption of fine aggregate or cement. For this work, a pilot study was carried out on the addition of CDW in the production of concretes with moderate resistances for the manufacture of electric poles. For this purpose, the ABCP/ACI dosage Method (1980) was used, as a binder the cement CPII-Z-32, fine and coarse aggregate, and CDW as study material with 5 to 15% of proportion. This material, was evaluated in fresh state, through the slump tests and specific density, already in the hardened state, was analyzed

the resistance to axial compression at 7, 14, and 28 days, and the indirect tensile strength and modulus of elasticity were tested at 28 days. In conclusion, the concretes developed with CDW presented resistances slightly lower than the concrete with conventional aggregates, being around 8.0% in the resistance to axial compression, 3.0% in the tensile strength and 10.0% in modulus of elasticity, however, the mechanical properties achieved are appropriate for use in precast concrete element.

INTRODUCCIÓN

Desde los años 70 y 80 que la cuestión ambiental se tornó una preocupación mundial. El aumento de la población, la expansión de las zonas urbanas y el incremento de las construcciones, conllevó a un descontrolado consumo de los recursos naturales (Lucas, 2011). Las preocupaciones con estos recursos y con el método de explotación, en particular en el sector de la construcción civil, viene en aumento. Luego de los diversos pactos llevados a cabo en Rio de Janeiro (1992), Kyoto (1997) y el acuerdo de Paris (2015), surgió la necesidad de introducir conceptos sostenibles aplicables en diferentes sectores de la industria en general.

El sector de la construcción influencia el impacto ambiental, desde la producción de materiales hasta el proceso de ejecución, como también en la fase de utilización de los edificios (absorción y desprendimiento de CO₂), y la reconstrucción o demolición de los mismos, producción de residuos, consumo de energía, etc. (CAETANO, 2013).

El reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD), presenta varios beneficios desde el punto de vista de la sostenibilidad, que viene siendo adoptado y practicado por varios países, incluyéndolos como ítems en políticas de construcción y de urbanismo. Según Braga (2010), las ventajas económicas, sociales y ambientales que resultan de la utilización de RCD son la preservación de los recursos naturales, que son sometidos por esos residuos, prolongando su vida útil y reduciendo el impacto en el paisajismo, flora y fauna, reducción en el volumen de los aterros municipales e incineración, reducción del consumo energético para la producción de un determinado bien.

Según Caetano (2013) la reducción de la polución emitida por la fabricación de un producto, la generación de empleos y el aumento de la competitividad de la producción nacional, como también en el aumento de la durabilidad de la construcción en determinadas situaciones, vienen siendo comprobados por varios estudios, la posibilidad de la reducción de los costos o hasta el grado de la viabilización

de la protección ambiental, permite generar valor a partir de un producto.

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) – CONTEXTO NACIONAL

Los residuos de construcción y demolición merecen una especial atención en el panorama actual del País. Así, como los residuos sólidos urbanos (RSU), la generación de RCD también presenta un considerable aumento en los últimos años (FELICIANO, 2019). De acuerdo con un informe elaborado por la Secretaria del Medio Ambiente (SEAM) de Paraguay del 2011, el manejo de los residuos sólidos en el país se viene realizando en ausencia total de políticas, estrategias nacionales y un marco legal adecuado. Si bien existe un Plan Maestro de Gestión de Residuos Comunales en la Región Oriental del Paraguay, elaborado en el año 2003 por las consultoras Fichtner – Contecsa, impulsado por la Secretaria Técnica de Planificación (STP) y financiada por la KFW de Alemania, esta propuesta ha sido muy poco difundida, prácticamente es desconocida por todos los actores claves del sector, y no ha sido implementada.

El Paraguay no posee una “estructura institucional formal” relativa al sector de residuos sólidos. La responsabilidad de la operación, prestación de los servicios y gestión relativos a los residuos urbanos está en manos de las Municipalidades del país, las cuales son aún instituciones muy débiles con relación a la gestión ambiental en general y a la gestión de RSU en particular. Las mismas por lo general no cuentan con recursos humanos calificados ni presupuesto adecuado para los servicios y las inversiones en el sector. El trabajo de las municipalidades se realiza en ausencia de una “coordinación estratégica”, que promueva la formulación de planes, programas y proyectos a nivel nacional, departamental y distrital, armonizando los principios técnicos, legales, ambientales con los sociales y económicos. Otro factor fundamental que afecta el sector es la “falta de reglas

claras”, entiéndase por un marco legal adecuado, la reglamentación de la ley vigente, normas necesarias para la adecuada gestión, así como una adecuada difusión del marco legal reinante.

Existen muy pocos estudios actualizados sobre cantidad y composición física de RSU. Los siguientes datos han sido sistematizados de los dos trabajos más actualizados con que se cuenta. El primero se refiere al Plan Maestro de Gestión de Residuos Comunes en la Región Oriental del Paraguay, elaborado en el año 2003, en el cual se realiza una recopilación de toda la información existente además de presentar los resultados de estudios realizados en los Municipios de Cnel. Oviedo, Caaguazú y Villarrica y el Estudio sobre la “Evolución y tendencia de la cantidad, generación y composición de los Residuos Sólidos Municipales de la Ciudad de Asunción” realizado por la Ing. Civil Rosana Casati (2003).

TABLA I: COMPOSICIÓN DE RESIDUOS EN LA REGIÓN DE ASUNCIÓN Y ÁREA METROPOLITANA.

COMPOSICIÓN TÍPICA	ASUNCIÓN	PROMEDIO CIUDADES MEDIANAS	PROMEDIO CIUDADES MICRO
ORGANICOS	68	57,07	70,96
COCINA	37,40	33,70	54,08
PATIOS Y JARDINES	19,20	14,28	9,23
PAPELES DE CARTONES	10,20	6,93	6,10
TEXTILES	1,20	2,15	1,55
INORGÁNICOS	12,10	28,90	18,38
PLASTICOS	4,20	7,58	7,76
METALES	1,30	2,27	2,75
VIDIROS	3,50	5,92	4,09
CERÁMICAS, PIEDRAS, ARENA	2,50	10,42	2,77
CUEROS Y GOMAS	0,60	2,72	1,01
OTROS	19,90	14,12	10,67

FUENTE: CASATI (2003).

Según la documentación existente la tasa promedio de generación o ppc, producción per cápita, de residuos sólidos urbanos del país estaría alrededor de 1 Kg/persona/día variando entre 0,6 y 1,5 Kg/persona/día. Se estima entonces que se estarían generando unas 4.300 toneladas/día en

poblaciones urbanas de la Región Oriental del país. Según Casati (2003), se determinó la composición física de los residuos en Asunción y ciudades aledañas.

PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS RESIDUOS EN LA CONSTRUCCION CIVIL

A seguir se presenta listado de las principales aplicaciones de los residuos en la industria actual de la construcción civil.

- Agregado fino reciclado proveniente de RCD;
- Agregado proveniente de la trituración de neumáticos usados;
- Agregado proveniente de bloques cerámicos;
- Agregado proveniente de vidrios;
- Agregado proveniente de revoques;
- Agregado proveniente de hormigón.

Agregado fino reciclado proveniente de RCD

La utilización del agregado fino reciclado proveniente de RCD en el ámbito de este trabajo, es referente a la adición de este agregado en morteros, sin embargo, estos residuos son utilizados en la construcción de pavimentos asfálticos, en la ejecución de la base y subbase, que hasta el momento son una alternativa económica.

Según Gonçalves e Neves (2003), estudios realizados en Suecia, revelan el aumento del modulo de deformabilidad con el tiempo de camadas no ligadas donde se emplean agregados reciclados de hormigón, revelando así

que algunas partículas de cemento se hidratan, estableciendo la conexión entre los granos. También en el campo de la pavimentación, los finos pueden ser usados para estabilizar las bases de los pavimentos. Relativamente a los estudios de estos agregados en morteros, según Barra (2011) se puede concluir que hay un aumento del comportamiento mecánico de los morteros, este aumento puede estar relacionado con la variabilidad de los agregados reciclados de mayores dimensiones, que, a su vez, condicionan la resistencia mecánica de los morteros.

Agregados provenientes de cerámicos

En este caso los morteros estudiados son constituidos por residuos de cerámicos, finamente molidos, de forma a poder actuar como puzolana, reaccionando con la cal aérea en su sustitución parcial, o con mojado, con granulometría semejante a la de la arena lavada. La utilización de residuos de cerámicos de barro rojo y la integración de los mismos en morteros es una solución amigable en la rehabilitación de edificios, que puede traer ventajas desde el punto de vista técnico, en la obtención de características que optimicen los morteros de cal aérea y del punto de vista ambiental. También se debe considerar que las características de los morteros dependen también del tipo de soporte en el cual van a ser aplicadas, de las condiciones ambientales y de ejecución. (CAETANO, 2013).

Agregados provenientes del hormigón

La utilización de agregados reciclados de hormigón en la producción de hormigones estructurales o morteros estructurales surge como alternativa, tanto desde el punto de vista ambiental como de la sustentabilidad de las reservas naturales. De un modo general, los hormigones

con incorporación de agregados gruesos reciclados de hormigón, presentan una calidad aceptable para una eventual aplicación estructural, más allá de la resistencia relativas que se obtiene en comparación a los hormigones sin reciclados.

Según Braga (2010) su comportamiento y utilización es aceptable, independientemente de la tasa de sustitución a ser empleado, ya que, en algunas situaciones, inclusive se obtiene resultados equiparables con un hormigón convencional.

METODOLOGIA DE TRABAJO

Este trabajo se desarrolló en tres etapas, la caracterización de los agregados a ser empleados (arena lavada, piedra triturada, RCD), presentación de las dosificaciones de hormigón de resistencia de proyecto de 25 MPa y los correspondientes ensayos de hormigón en estado endurecido.

Caracterización de los materiales

Para la fabricación de los hormigones se utilizó cemento, arena lavada y reciclado de construcción. A seguir se especifican los materiales utilizados:

Cemento Portland tipo CP-II-Z de acuerdo con la NBR 11578 (ABNT,1991) compuesto con adiciones entre 6% y 14% de material puzolánico, en relación a la masa total del aglomerante, cuya resistencia a los 28 días es de 32 MPa.

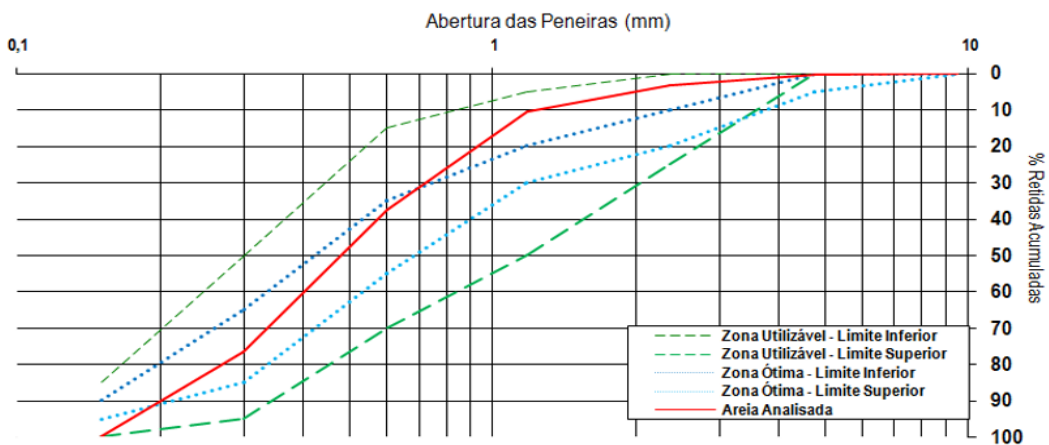
Para la caracterización del agregado fino se realizaron los ensayos de granulometría, masa específica y unitaria, conforme a las normas brasileñas NBR NM 248 (ABNT, 2003), NBR NM 52 (ABNT, 2009) y NBR NM 45 (ABNT,

2006).

Granulometría

El resultado del ensayo de granulometría de los agregados, realizado según la NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Para este trabajo se empleó arena lavada de la región de Alto Paraná, ambas de origen natural y granos arredondados. El tamaño de granulometría de 0-2 mm, que fue normalizado por la NBR 7211 (ABNT, 2009) y de 2-4 mm, en este caso, no fue normalizado, pero presentaba homogeneidad.



Caracterización del Agregado reciclado.

Cemento Portland

Para la caracterización del cemento que va a ser usado, se llevó a cabo una caracterización de los cementos comerciales de la Región de Foz de Iguazú/PR, Brasil. Para eso se realizaron los ensayos de Peso específico, Finura del cemento, Consistencia normal, Resistencia característica del cemento y los tiempos de fraguado (inicial y final). A seguir se detallan los resultados.

CARACTERIZACIÓN DE LOS CEMENTOS							
MARCA	CEMENTO	P MEDIO G/CM ³	BLAINE CM ² /G	CONSIS- TENCIA NORMAL	RESISTEN- CIA A LA COMPRESI- ÓN (MPA) 28 DÍAS	TIEMPO DE INICIO FRAGUADO DE PEGA	TIEMPO FINAL DE FRAGUADO
CAUE	CP11-E-32	2,93	4188,37	28,0 %	31,7	02:35	04:35
SUPREMO	CP11-F-32	3,04	3384,89	30,0 %	28,2	03:08	05:08
ITAMBÉ	CP11-F-40	2,97	4385,1	27,5 %	34,4	03:24	04:18
ITAMBÉ	CP11-Z-32	2,98	3522,08	25 %	32,3	04:14	05:07
LIZ	CP IV-32	2,93	3317,43	29,0 %	25,9	02:43	04:51
VOTORAMTIM	CPV-ARI	3,04	5268,16	32,0 %	33,6	02:37	04:57

Tabla de dosificación de hormigón

Para la dosificación de los hormigones se empleó el método ABCP/ACI, de la Asociación Brasileña del Cemento Portland. A seguir se detalla las dosis.

ESPECIFICACIONES DE LAS DOSIS DE REFERENCIA					
DOSIS 01 (REFERENCIA)					
CEMENTO (KG)	ARENA (KG)	RCD (KG)	PIEDRA (KG)	A/C	% SUSTITUCIÓN
I	1.36	0	3.11	0.50	0 %
DOSIS 02 (CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE ARENA)					
CEMENTO (KG)	ARENA (KG)	RCD (KG)	PIEDRA (KG)	A/C	% SUSTITUCIÓN
I	1.292	0.068	3.11	0.50	5 %
I	1.2241	0.136	3.11	0.50	10 %
I	1.156	0.204	3.11	0.50	15 %
I	1.088	0.272	3.11	0.50	20 %

RESULTADOS

Para los resultados obtenidos se presenta la siguiente tabla.

DOSIFICACIONES	MASA ESPECÍFICA (KG/M ³)	ASENTAMIENTO SLUMP (MM)	COMPRESIÓN (MPA)			TRACCIÓN (MPA)
			7 DÍAS	14 DÍAS	28DÍAS	14 DÁS
REF-OI	2398.74	100	18.43	20.47	24.89	5.38
REF-OI-5%	2395.46	95	17.33	19.11	22.68	4.81
REF-OI-10%	2402.66	90	15.25	19.51	24.43	4.86
REF-OI-15%	2401.94	90	15.48	20.81	23.62	5.07
REF-OI-20%	2403.81	90	16.09	19.74	22.94	5.14



Figura 3: Ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días.

Los resultados de los ensayos de compresión axial a los 7, 14 y 28 días para la dosis, en relación a los obtenidos entre la dosis de referencia y la dosis con 10% de sustitución, presentaron una diferencia mínima (0,5 MPa), ya en el caso de aquellos con 5% y 15% de sustitución, presentan diferencias de 2 MPa en relación a las resistencias de proyecto. Estas diferencias se deben a la alta absorción de agua del RCD, lo que se refleja en los resultados de asentamiento alcanzados en el ensayo del cono de Abrams.

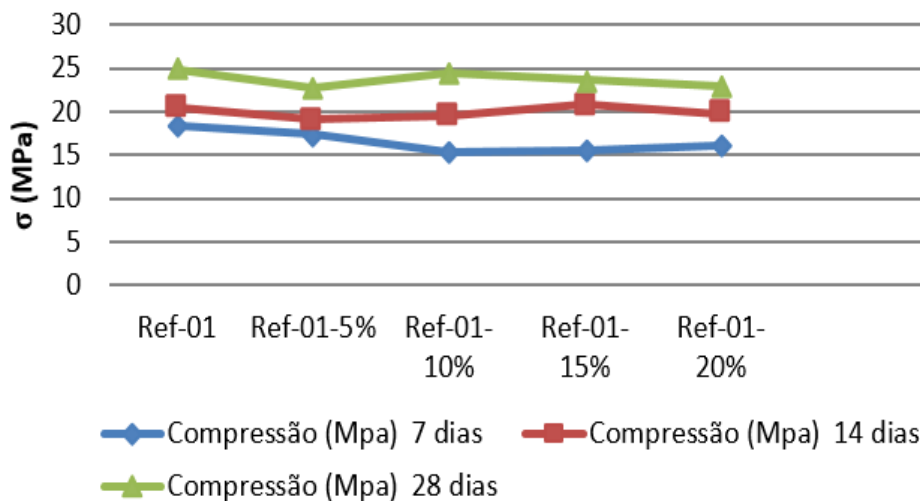
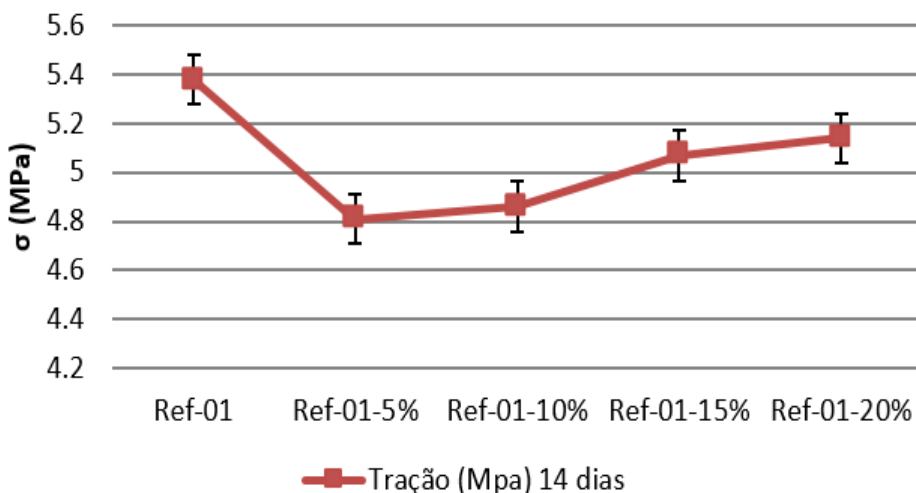


Figura 4. Resistencia a compresión

De acuerdo a lo observado en el gráfico de resistencia a compresión, la resistencia de proyecto es de 25 MPa y se observa que aquellos resultados con adición de RCD presentaron resistencias levemente menores (en torno de 22 y 24 MPa), siendo aquel con 10% de RCD quien presento mejor comportamiento en relación a la dosis de referencia. Esta diferencia se debe a la alta variabilidad de residuo empleado y al alto contenido de finos presente en su granulometría.

Figura 5. Resistencia a tracción



Los ensayos de resistencia a tracción, al igual que los resultados anteriores, indican que la dosis sin residuos presenta resultados mejores, siendo aproximadamente de 5,4 MPa, mientras que la dosis con 10% de RCD presentó 4,86 MPa. Para el caso de las probetas con dosis del 15% y 20% estas presentaron un mejor comportamiento, basado en la variabilidad de los materiales.

De los resultados alcanzados, se consideró la dosis con 10% de RCD para la fabricación de los postes eléctricos de hormigón armado. Las Figuras 6 y 7 muestran algunas imágenes de su producción.

Figuras 6 y 7.

Fabricación de postes de
Hormigón armado con
RCD.





CONCLUSION

De forma global se puede concluir que la utilización de los residuos de construcción y demolición disminuye el impacto ambiental y mejora su gestión y disposición final en los vertederos y aterros sanitarios, también ofrece una opción económica y técnica en la ejecución de edificaciones habitacionales y mejora el bienestar social y ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAETANO, R. I. S. (2013). Influência de agregados reciclados provenientes de RCD no desempenho de argamassa de cal aérea. Tesis de maestria. Universidade Nova de Lisboa. Portugal.
- BARRA, A. T. (2011) - Caracterização física e mecânica de argamassas não estruturais com agregados finos reciclados. Tesis de maestria em Engenharia Civil – Perfil de Construção. Universidade Nova, Lisboa. Portugal.
- BRAGA, M. (2010) - Desempenho de argamassas com agregados finos provenientes da trituração do betão – efeito de filer e pozolânico. Tesis de maestria em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- CASATI, R. (2009). Evolución y Tendencia de la Cantidad, Generación y Composición de los Residuos Sólidos Municipales de la Ciudad de Asunción. Tesis de maestría. Paraguay.
- DAVIES, F. S. (2016). Utilização de agregados reciclados de concreto na fabricação de tubos de concreto. Trabajo Final de Grado. Universidade Federal da Integração Latinoamericana (UNILA). Foz de Iguaçu, Brasil.
- FELICIANO, T. C O. (2019). Avaliação experimental de barreira capilar com RCD como camada de bloqueio para coberturas finais de ARSU. Trabajo Final de Grado. Universidade Federal da Integração Latinoamericana (UNILA). Foz de Iguaçu, Brasil.
- LUCAS, V. (2011) - Construção Sustentável – Sistema de Avaliação e Certificação. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil – Perfil de Construção. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, Lisboa.
- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE (SEAM). Construcción de capacidades y asistencia técnica para promover la participación de Paraguay en el mercado de carbono. Junio, 2011.
- SECRETARIA TECNICA DE PLANIFICACION (STP). (2004). Evaluación regional. Servicio de manejo de residuo solidos municipales: Informe analítico. Organización Panamericana de la salud.