

Además se fomenta el desarrollo de investigaciones científicas desde la educación media con aplicación de nuevas tecnologías como polo de desarrollo local y regional.

SENNOVA también realiza eventos de divulgación de ciencia, tecnología e innovación, como foros, seminarios y conferencias con expertos, con lo que se busca que el país tenga mayor competitividad.

“Proyecto y Ponencia de Sennova”

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE MEZCLA DE MORTERO PARA MAMPOSTERÍA EN EL PROYECTO AMATISTA LIFE STYLE DE LA CONSTRUCTORA SOLITEC S.A.S

ALEXANDER TORO ¹
HEILER YESID PEREA CAICEDO ²
LUIS ARIEL TREJOS MELCHOR ³
JENNYFER TRIANA MEJIA

1 Instructor área ambiental Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción.
atoro65@misena.edu.co

2 Instructor área ambiental Centro para el Desarrollo Del Hábitat y la Construcción.
heilerpc@misena.edu.co

3 Instructor área ambiental Centro para el Desarrollo Del Hábitat y la Construcción.
latrejos@sena.edu.co

4 Apoyo investigación Centro para el Desarrollo Del Hábitat y la Construcción.
latrejos@sena.edu.co

RESUMEN

La creciente demanda de agua que se requiere para producir los bienes y servicios que consumimos diariamente ha provocado situaciones de estrés hídrico en numerosos lugares, ya sea por una limitada disponibilidad natural del recurso, por una demanda

intensiva o por una mezcla de ambas. La huella hídrica es una de las herramientas que ayuda a evaluar los riesgos asociados al uso del agua y, a partir de éstos, desarrollar estrategias que permitan mitigarlos. El Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción en conjunto con la empresa SOLITEC S.A.S, interesados en determinar la huella de agua asociada al procesos de preparación de mezcla de mortero para mampostería, realizó un estudio en la obra AMATISTA LIFE STYLE ubicada en el Municipio de Sabaneta, Antioquia. Como resultados de impacto en estacases de agua del punto Medio (WSI) e impacto en salud humana y ecosistemica - Punto Final se evidenció que la mampostería con bloque de concreto aporta de forma significativa a la huella total en comparación con la mampostería con bloque de ladrillo, esto debido a los procesos de elaboración del bloque de concreto y las respectivas cadenas de suministro.

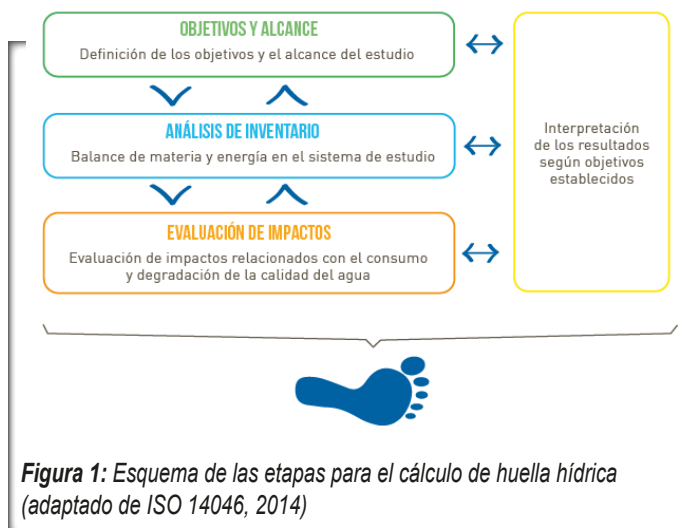
Palabras claves: *Huella Hídrica, ISO 14046, Mampostería, Mezcla de Mortero. WSI.*

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de agua que se requiere para producir los bienes y servicios que consumimos diariamente ha provocado situaciones de estrés hídrico (Global Compact, 2014) en numerosos lugares, ya sea por una limitada disponibilidad natural del recurso, por una demanda intensiva o por una mezcla de ambas. La huella hídrica (HH) es una de las herramientas que ayuda a evaluar los riesgos asociados al uso del agua y, a partir de estos, desarrollar estrategias que permitan mitigarlos (Global Compact, 2014). Los principios, requisitos y directrices para realizar una evaluación de HH se presentan en la norma ISO 14046:2014.

El Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción en conjunto con la empresa SOLITEC S.A.S, interesados

EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA



en determinar la huella de agua asociada al proceso de mampostería, realizó un estudio en la obra AMATISTA LIFE STYLE ubicada en el Municipio de Sabaneta Antioquia. (Solitec, 2017), identificando los puntos críticos en usos de agua (consumo y contaminación) y así poder implementar acciones de reducción de huella hídrica.

2. METODOLOGÍA

La evaluación de huella hídrica se realizó tomando como base los lineamientos metodológicos establecidos en la norma ISO 14046:2014, que incluye el enfoque del ACV, es decir, se incorporaron las etapas de objetivos y alcance en análisis de inventario y evaluación de impactos. Así mismo, en cada una de estas etapas se tuvo en cuenta el avance e interpretación de los resultados de acuerdo con los objetivos establecidos. La Figura 1 muestra un esquema del procedimiento general para realizar una evaluación de huella hídrica.

El período temporal para el estudio es de 12 meses y comprende desde septiembre 2016 a septiembre de 2017, incluye el proceso de mampostería (m^2 pared)

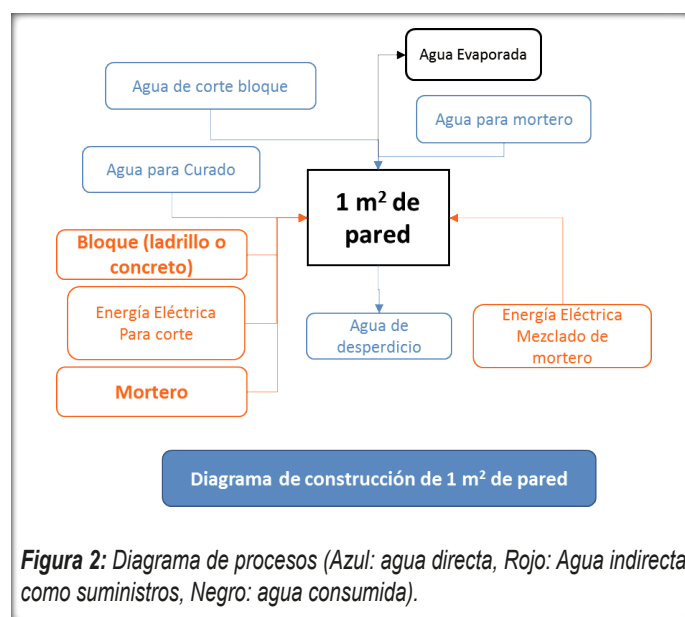
de la obra AMATISTA LIFE STYLE, ubicada en el Municipio de Sabaneta Antioquia.

Coordenadas geográficas (WGS 1984): N 06° 08' 53.1" WO 75° 36' 53.9" (Solitec, 2017).

La unidad funcional para el presente estudio se define como la masa (**kg**) de **1 m^2 de pared**, presentado en bloque de ladrillo de 10 (BL) y/o bloque de concreto de 12 (BC) y extrapolada al área total construida en el periodo de estudio.

2.2. Límites del sistema

Como procesos, se incorporan todas las fases de la construcción del $1 m^2$ de pared, corte de bloque, curado de bloque y preparación del mortero Figura 2. El enfoque ACV usado fue “desde la cuna a la puerta”, que incluye las etapas de elaboración de las materias primas, insumos y energías (electricidad, combustibles y transporte) usados en la fabricación de los productos y la operación directa, hasta el producto terminado en la “puerta de la obra”. No se ha considerado la producción de residuos como parte del sistema estudiado. Las áreas administrativas, áreas de campamentos, áreas verdes y el tratamiento de las descargas tampoco se consideraron en el presente estudio.



2.3. Reglas de asignación

La preparación de mezcla de mortero para mampostería y la construcción de pared, se tomó como única actividad de la empresa SOLITEC S.A. para el presente estudio, por ello no se han considerado reglas la asignación en los cálculos directos; sin embargo, la información secundaria usada, se utilizó como referencia la base de datos de SimaPro 8.3.0.0 - Faculty que está desarrollada a partir de la base de datos para análisis de ciclo de vida de Ecoinvent 3 allocation, default –unit.

2.4. Criterios de corte para la inclusión inicial de entradas y salidas

Para el análisis de la cadena de suministros, se aplicó una regla de corte bajo el criterio de 1% de masa, es decir, son los insumos de la preparación de mezcla de mortero y la construcción de pared que superen el 1% del total de masa se tomaron como insumo que ingresa. Para la aplicación de esta regla se consideró el 100% de insumos consumibles adquiridos durante el período de estudio.

2.5. Inventario del periodo utilizado como línea base

En la realización del inventario se tomaron los criterios de corte y reglas de asignación. Se toma como dato el agua de entrada al proceso (Figura 2). Para los valores definitivos se consideró los recursos usados en la producción de cada m² de pared (BL y BC), esta información fue suministrada por personal de la empresa vía planillas, fichas de recolección de información, e-mails, conversaciones telefónicas y entrevistas personales, que a su vez, hacen referencia en la dosificación estándar que se establecen en el ANÁLISIS UNITARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN (Camacol, 2017). Se define

por parte de la empresa un desperdicio del 5% producto de su sistema de Gestión (Solitec, 2017).

Se cuantificaron todas las entradas y salidas relevantes del sistema para el análisis de la huella hídrica. Con el propósito de considerar en el análisis la variación estacional y/o mensual en la producción y por lo tanto en los requerimientos de agua, toda la información levantada de usos de agua, cadena de suministros, electricidad y combustibles, fue obtenida con base en el consumo total durante el año de evaluación. Tomando como única fuente de agua, el agua superficial de la cuenca aledaña a la obra.

2.6. Evaluación de impactos relacionados con el recurso hídrico

En el estudio se realizó una evaluación integral de la huella hídrica considerando todos los potenciales impactos ambientales relacionados al uso del agua. Como indicadores de punto medio del impacto consideraron el AWARE (Boulay A.M., 2016), Boulay et al 2011 (Water Scarcity) (Boulay, 2011). y Pfister et al 2009 (Water Scarcity) (Pfister S. K., 2009). Como indicadores de Punto Final se usó Boulay et al 2011 (Human Health) y Pfister et al 2010 (ReCipe) (Pfister S. S., 2011). Todos calculados con el Software **SimaPro 8.3.0.0 - Faculty**

3. RESULTADOS

Luego de aplicada la regla de corte se define que los principales insumos en la cadena de suministros son los siguientes: mezcla de mortero (cemento, arena y aditivo), bloque de ladrillo, bloque de concreto. (Ver Tabla 1).

Planilla #1. Consumo de agua directo e indirecto			
Item1. Uso directo e indirecto del agua: Dosificación por peso para 1m³ de mortero			
Consumo de agua	Unidad de medida	Tipo de mortero	
310	L	Mortero larga vida para pega de 175 Kg/cm²	
Item2. Uso indirecto: Cadena de suministro: Dosificación por peso para 1m³ de mortero			
Suministro	Cantidad	Unidad	Criterio de asignación (%)
Cemento	535	kg	28%
Arena	1343	Kg	71%
Eucon LV (Retardador)-Aditivo)	3,21	Kg/m³	0,2%
Total	1881,21		100%
Item 2.1. Uso indirecto: electricidad y combustible			
Electricidad			
Proceso	Maquinaria	Cantidad	Unidad
Corte de ladrillo	Cortadora	1,30	kWh
Corte de bloque de concreto		15,21	kWh
Combustible			
Material	Tipo de transporte	Distancia recorrida (km)	Combustible
Ladrillo	Camión doble troque 17 ton EURO 3	19,5	ACPM
Bloques de concreto		25,45	
Arena		4,20	
Cemento		4,20	

Tabla 1: Levantamiento de información morteros.

Una vez analizada y depurada la información se procede a consolidar en un solo inventario teniendo en cuenta la unidad funcional, se plasma en las Tabla 2 y 3 de acuerdo al tipo de pared analizado en el estudio.

CANTIDAD DE PARED CONSTRUIDA EN BLOQUE DE CONCRETO		
Unidad funcional	Masa de 1 m ² de pared	
Unidad funcional en BC	180,05	kg
Área del proyecto Amatista	8.430,26	m ²
Masa del total de área construida en pared en BC	1.517.852	kg
CANTIDAD DE PARED CONSTRUIDA EN BLOQUE DE LADRILLO		
Unidad funcional	Masa de 1 m ² de pared	
Unidad funcional en BL	108,81	kg
Área del proyecto Amatista	12.251,71	m ²
Masa del total de área construida en pared en ladrillo	1.333.109	kg

Tabla 2: Consolidado de la unidad funcional en el Proyecto AMATISTA LIFE STYLE.

Uso directo			
Entradas	Unidad	Cantidad por unidad funcional	Cantidad total
Agua superficial mezcla mortero	m ³	0,0050	43,90
Agua superficial corte	m ³	0,5184	4.462,51
Agua superficial Curado	m ³	0,0060	53,11
Salidas			
Agua consumida (evaporada) Mezcla	m ³	0,0050	43,90
Agua consumida (evaporada) Curado	m ³	0,0060	53,11
Agua retorno Corte (retorna a la cuenca)	m ³	0,5184	4.462,51
Uso Indirecto cadena de suministros			
Mortero			
Cemento	Kg	8,56	75.771,20
Arena	Kg	21,488	190.206,95
Bloque	Unidad	12,5	110.647,19
Electricidad y combustibles bloque			
Electricidad corte	kWh	15,2	128.193,94
Transporte muro de ladrillo			
Transporte camión (cemento)	tkm	0,03595	2.724,1
Transporte camión (arena)	tkm	0,09025	17.166,1
Transporte camión (bloque)	tkm	3,818	422.396

Tabla 3: Resultados del inventario

Una vez obtenido el inventario, se procesaron los datos con el Software SimaPro 8.3.0.0 – Faculty. De esta forma se obtuvieron resultados de impactos en el punto medio (WSI) y Punto Final (Human Health y ReCipe), los cuales se plasman en la Tabla 4 y Tabla 5. Se evidencia que el bloque de cemento (BC) presenta mayores valores en la Huella tanto para el Punto Medio como para el Punto Final, en comparación con los resultados obtenido para el bloque de ladrillo. Esto se atribuye a que los muros construidos con BC requieren procesos que demandan mayor cantidad de agua en la cadena de suministros.

RESUMEN HUELLA DE AGUA PUNTO MEDIO			
Método	WSI		
Boulay et al 2011 (Water Scarcity) V1.02	Perfil de huella de agua - Punto medio- BC		
	Huella de agua	2173.6	m ³
	Perfil de huella de agua - Punto medio - BL		
	Huella de agua	944.66	m ³
Pfister et al 2009 (Water Scarcity) V1.02	Perfil de huella de agua - Punto medio- BC		
	Huella de agua	1896.5	m ³
	Perfil de huella de agua - Punto medio - BL		
	Huella de agua	829.65	m ³

Tabla 4: Resultados Punto Medio para Bloque de Ladrillo y Bloque de Cemento (BC)

RESUMEN HUELLA DE AGUA PUNTO FINAL			
Método			
Boulay et al 2011 (Human Health) V1.02	Perfil de huella de agua - punto final - BC		
	HH, distribution	0.323	DALY
	HH, marginal	0.086	DALY
Boulay et al 2011 (Human Health) V1.02	Perfil de huella de agua - punto final - BL		
	HH, distribution	0.142	DALY
	HH, marginal	0.038	DALY
Pfister et al 2010 (ReCiPe) V1.02	Perfil de huella de agua - punto final - BC		
	Human Health	0.002	DALY
	Ecosystem Quality	0.00003	species*year
	Resources	579.929	\$ surplus
Pfister et al 2010 (ReCiPe) V1.02	Perfil de huella de agua - punto final - BL		
	Human Health	0.001	DALY
	Ecosystem Quality	0.00013	species*year
	Resources	255.293	\$ surplus

Tabla 5: Resultados Punto Final para Bloque de Ladrillo (BL) y Bloque de Cemento (BC)

4. CONCLUSIONES

La cadena suministros aporta significativamente en la huella hídrica del proceso de mampostería, debido a que los materiales de construcción tienen niveles de complejidad significativos en sus procesos de elaboración a nivel industrial, además para su fabricación las materias primas son adquiridas de procesos mineros (explotación de materiales pétreos) que son agresivos con el medio ambiente.

5. REFERENCIAS

Boulay A.M., B. J. (2016). The WULCA consensus characterization model for 108 water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). Submitted.

Boulay, A. B. (2011). Regional Characterization of Freshwater Use in LCA: Modeling Direct Impacts on Human Health. *Environmental Science & Technology* 45, 8948-8957.

Camacol. (2017). Análisis unitario. Sistemas de análisis unitario : edificaciones. In Camacol. Medellín: Camacol.

Global Compact. (2014). "The CEO Water Mandate,

Driving Harmonization of Water Stress, Scarcity, and Risk Terminology". Global Compact, Discussion Paper. Instituto del Pacifico. (2017, 9 26). The World's Water. Retrieved from <http://www2.worldwater.org/index.html>.

ISO 14046. (2014). Environmental management - Water footprint - Principles, requirements and guidelines.

Pfister, S. K. (2009). Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. *Environmental Science and Technology*, 43(11), 4098–4104; DOI: 10.1021/es802423e (download: <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es802423e>).

Pfister, S. S. (2011). The environmental relevance of freshwater consumption in global power production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16, 580-591.

Solitec. (2017, 06). Solitec Constructora. Retrieved from <http://www.solitec.com.co/>

WULCA. (2017, Septiembre 26). [wulca-waterlca.org](http://www.wulca-waterlca.org). Retrieved from <http://www.wulca-waterlca.org/index.html>