

CONSTRUCCIÓN ECOEFICIENTE. CUANTIFICACIÓN Y MINIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

ARTURO DUBRAVCIC ALAIZA

**Ing. Civil, Msc. en Ingeniería del Agua y PhD. en Medio Ambiente
Tarija – Bolivia**

Docente Titular de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho Tarija- Bolivia
Docente invitado de la Universidad de Sevilla – España
Consultor permanente del área de Estructuras
Director Nacional de la Sociedad de Ingenieros de Bolivia

RESUMEN

Con una visión global del Modelo de Construcción Ecoeficiente (Huete, 2005) en el que se seleccionen y reduzcan los recursos materiales necesarios, se minimicen los residuos y emisiones generados y se mejore la salud de los usuarios limitando el empleo de productos tóxicos y contaminantes, y entendiendo que el agua, aunque componente imprescindible en el proceso, no se cuantifica su consumo en la fase del Proyecto, como vía de aproximación es necesario incorporar criterios que minimicen su consumo en el proceso de construcción de los edificios.

En este trabajo (que conforma la tesis doctoral elaborada por D. Arturo Dubravcic) se determina la cantidad y calidad del agua requerida en el proceso constructivo (como paso previo a la propuesta de estrategias de minimización) se realiza de una manera secuencial tomando en cuenta todas las actividades que se deben realizar al construir el edificio modelo (vivienda) y todos los usos posibles del agua en este proceso.

El modelo tipológico de análisis es una vivienda unifamiliar sencilla, de dos plantas, con estructura de hormigón armado, muros de fábrica de ladrillo, sin paredes medianeras, de construcción convencional y acabados medios.

SUMMARY

With a global vision of the Pattern of Efficient Ecology Construction (Huete, 2005) in the one that you/they are selected and reduce the necessary material resources, the residuals and generated emissions are minimized and improve the health of the users limiting the employment of toxic and polluting products, and understanding that the water, although indispensable component in the process, their consumption is not quantified in the phase of the Project, as approach road it is necessary to incorporate approaches that minimize its consumption in the process of construction of the buildings.

In this work (that conforms the doctoral thesis elaborated by D. Arturo Dubravcic) the quantity and quality of the water required in the constructive process

is determined (like previous step to the proposal of miniaturization strategies) he/she is carried out in a sequential way taking into account all the activities that should be carried out when building the model building (housing) and all the uses possible of the water in this process.

The typology analysis is a housing simple for one family, of two plants, with structure of armed concrete, walls of brick factory, without mediators walls, of conventional construction and completed means.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua como un recurso escaso y preciado en la naturaleza, no puede ser usada sin ser cuantificada, el agua se utiliza en diferentes actividades y es preciso saber con mediana exactitud la cantidad de agua demandada para cada una de ellas, este conocimiento nos puede llevar a establecer políticas de ahorro como también introducir nuevas tecnologías que traten de obtener el mismo objetivo con menor consumo.

La actividad de la construcción es una de las que consume agua en el proceso constructivo y es necesario saber la cantidad requerida para esta actividad, siendo la construcción tan diversa es necesario empezar por alguna de ellas.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Las estrategias para minimizar las consecuencias ambientales del consumo y vertido indiscriminado del agua a lo largo del proceso constructivo, se pueden definir a partir de los siguientes objetivos:

1.2.1 GENERALES

- Identificación y cuantificación del consumo de agua total en el proceso de construcción.
- Identificación de los ítems de mayor consumo de agua en el proceso constructivo.
- Plantear estrategias de minimización de consumo de agua en el proceso constructivo

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el consumo de agua por ítem en el proceso constructivo.
- Determinar el consumo de agua por metro cuadrado construido, en una vivienda de determinada tipología.
- Determinar la cantidad de agua contaminada desechada de acuerdo a su uso en el proceso constructivo.
- Determinar la cantidad de agua por tipo de uso de la misma en cada ítem y en total.
- Identificar los ítems que contaminan más el agua que resulta como residuo durante el proceso constructivo.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El tema de estudio tiene una justificación propia, ya que hablar del recurso agua en cualquier trabajo de investigación, significa estudiar un tema de vigencia permanente y creciente a través de los años.

Para ello se citan algunas reuniones de carácter internacional:

DECLARACIÓN DE DUBLÍN, sobre el agua y medio ambiente. Desarrollada en enero de 1992 en Dublín Irlanda, se plantean temas de trabajo como son: protección de los recursos hídricos, de la calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos; el agua en la perspectiva de un desarrollo urbano viable; abastecimiento de agua potable y saneamiento en los centros urbanos. De los varios temas tratados se desprenden algunos principios, que justifican de sobremanera el desarrollo de este trabajo de investigación:

- El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
- El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.
- El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.

Se precisa una acción concertada para invertir las actuales tendencias de consumo excesivo, la contaminación y las amenazas crecientes derivadas de la sequía y las crecidas. El informe de la CIAMA (Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente), formula recomendaciones para que se adopten medidas en las esferas local, nacional e internacional, teniendo presente tres principios rectores

Principio Nº 1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

Principio Nº 2. El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.

Principio Nº 3 El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.

LA CUMBRE DE LA TIERRA, celebrada en el mes de junio de 1992 en Río de Janeiro Brasil, organizada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, de las cuales nace la AGENDA 21, que constituye un manual de referencia para la determinación de políticas empresariales y gubernamentales, así como para la adopción de decisiones personales para el próximo siglo, plantea opciones para luchar contra la degradación de la tierra, el aire y el agua.

La agenda 21 en su Sección II: Conservación y gestión de los recursos. Capítulo 18. "Los recursos de agua dulce". Analiza la escasez generalizada del agua dulce, y plantea su uso racional del recurso agua para fines múltiples, optimizando la asignación de los recursos hídricos dentro de las limitaciones físicas y socioeconómicas, planteando áreas de programas como la del agua y el desarrollo urbano sostenible.

Se puede evidenciar que en todos los Foros que tratan sobre el tema agua, hacen notar la escasez y recomiendan su uso racional y medido, por ser una preocupación casi total de todos los países del planeta, esta preocupación esta reflejada en las diferentes conclusiones a las que llegan estos Foros.

Siguiendo esta tendencia internacional y además por una toma de conciencia de la necesidad de preservar el recurso agua, trata de llenar un pequeño vacío en lo referente a la cuantificación del consumo de agua que se utiliza en el proceso constructivo y así proponer estrategias de minimización.

1.4 LA CONSTRUCCIÓN ECOEFICIENTE SOSTENIBLE

Las construcciones ecoeficientes, están concebidas como aquellas que satisfacen una serie de requisitos o demandas. El Modelo Constructivo Ecoeficiente (M.C.E.), es definido por R. Huete Fuertes dentro de su trabajo denominado “Aproximación a un Modelo de Construcción Ecoeficiente” como aquel modelo que sea capaz de responder a las exigencias actuales de producción inmobiliaria con criterios de respeto y protección ambiental, es decir como una estrategia específica de Desarrollo Sostenible. El presente trabajo toma en cuenta solo las construcciones de viviendas, en tal sentido los requisitos son:

- Seguridad
- Habitabilidad
- Ambiental

La **seguridad** se refiere sobre todo al aspecto de estabilidad estructural, entendiéndose la manera elemental de satisfacer la primera necesidad de una vivienda de dar protección al hombre de las inclemencias del clima.

La **habitabilidad** o confort se refiere a las comodidades o prestaciones que debe brindar la vivienda, entre ella se encuentra la eliminación de cualquier problema de humedad, confort acústico, confort térmico, confort de iluminación y protección contra incendios.

Los **requisitos ambientales** se refieren a tres aspectos fundamentales que son: **el ahorro de recursos, la minimización de residuos y la no utilización de productos tóxicos.**

En ese momento se presenta la “Preocupación Ambiental”, que debe buscar un equilibrio entre la satisfacción de necesidades actuales con las que puedan tener las generaciones futuras, de ahí nuestra conformidad con el concepto de Desarrollo Sostenible “...**el que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades....**”, que es acuñado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente (Comisión Brunlandt) en 1987, y se manifiesta como el principio inspirador de una de las tendencias que con mayor nitidez se pone de manifiesto en numerosos frentes de actividad exigiendo la modificación de nuestra forma de entender el desarrollo social y con ello la necesaria adecuación de los modelos convencionales de producción de bienes.

1.5 EL TRABAJO COMO PARTE DE LA INVESTIGACIÓN GLOBAL

Dentro del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la Universidad de Sevilla (España), se está desarrollando un Programa de Investigación sobre construcciones ecoeficientes, las mismas que como se ha explicado anteriormente engloban una serie de aspectos ambientales; dentro de esos aspectos se encuentra **el ahorro de recursos, la minimización de residuos y el no uso de materiales tóxicos.**

El presente trabajo se enmarca dentro de los aspectos ambientales en lo referente al **ahorro de recursos**, siendo este trabajo de investigación una parte del trabajo global que encara el Departamento de Construcciones Arquitectónicas I dirigido por el Doctor Arquitecto Ricardo Huete Fuertes.

El Modelo Constructivo Ecoeficiente (M.C.E.), plantea una alternativa de construcción acorde a las exigencias medioambientales a nivel mundial, dando soluciones aplicadas a cada región donde se desarrolla dicho trabajo de investigación.

El modelo desarrollado, pretende crear un equilibrio entre la satisfacción de las necesidades en diferentes niveles y el respeto al medio ambiente y al desarrollo sostenible. Es por esa razón que la satisfacción de los diferentes requisitos tiene su importancia dentro de la globalidad del estudio de las "Construcciones Ecoeficientes".

Por ejemplo el ahorro de energía en la parte del confort térmico, y el ahorro del recurso agua en el proceso constructivo, este último tema del presente trabajo de investigación. Lo que constituye una particularidad muy importante dentro de la globalidad de la investigación general.

CAPITULO II ELECCIÓN DEL MODELO CONSTRUCTIVO

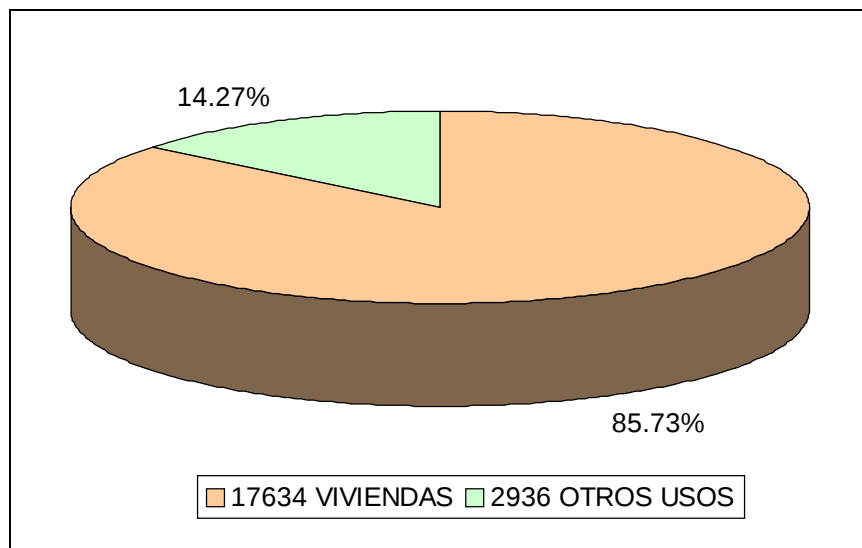
2.1. ELECCIÓN DEL MODELO CONSTRUCTIVO

La construcción seleccionada, está respaldada por los datos proporcionados por la oficina de Catastro Urbano de la Honorable Alcaldía Municipal de la ciudad de Tarija y Provincia Cercado.

- **Uso**

El uso de la construcción estudiada en este trabajo es el de una vivienda unifamiliar, dicha decisión se sustenta con los datos proporcionados por la oficina de Catastro Urbano de la Honorable Alcaldía Municipal de la ciudad de Tarija y Provincia Cercado, donde de un total de 20,570 predios registrados por Catastro, 17,634 corresponden a viviendas, siendo el 85.73 % del total de predios.

FIGURA N° 1
USOS DE LAS CONSTRUCCIONES
EN LA CIUDAD DE TARIJA



Fuente: Elaboración Propia

- **Tipología y superficie elegida**

La Tipología elegida de la edificación (vivienda unifamiliar), corresponde al de tipo económico, de dos plantas, con una superficie de 100 a 200 metros cuadrados, dicha selección, está sustentada con los datos proporcionados por la oficina de Catastro Urbano de la Honorable Alcaldía de la ciudad de Tarija y Provincia Cercado.

CAPÍTULO III

CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL MODELO

3.1. INTRODUCCIÓN O POSTULADOS DE PARTIDA

Al ser el agua un recurso que se utiliza de manera imprescindible en la construcción de obras civiles, es necesario saber con certeza la cantidad de agua que se utiliza durante todo el proceso, la calidad del agua que se requiere para cada ítem y finalmente determinar la cantidad de agua que se desecha en él, y saber si es contaminada o no.

En esta lógica el constructor debe asumir una conducta activa para minimizar el consumo de agua en el transcurso de la construcción y evitar la contaminación, que puedan producir las aguas excedentes como consecuencia de su vertido indiscriminado.

IDENTIFICACIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO Y CALIDAD REQUERIDA PARA CADA ACTIVIDAD DE CADA ÍTEM.

El agua es un componente imprescindible en el proceso constructivo, el mismo que es utilizado en diferentes ítems del proceso, y en diferentes actividades que componen cada ítem.

Quiere decir que un ítem esta compuesto de varias actividades que deben realizarse para ejecutar el ítem, por ejemplo, el ítem hormigón armado para columnas, para ejecutar este ítem, se debe desarrollar varias actividades como ser: armado del encofrado, preparación de la mezcla, curado de la columna, entre otras.

Dentro de las actividades industriales, la actividad constructora, es una de las consumidoras de agua, junto con la industria asociada de recursos naturales como puede ser madera, minerales y energía.(Fuente: La Construcción Sostenible. El estado de la Cuestión. Hábitat boletín N° 4, 1998).

CUANTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA REQUERIDA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

La cuantificación de la cantidad y la calidad de agua requerida en el proceso constructivo se realizarán solamente de aquellos ítems y actividades que consumen agua, dejando los otros como parte del proceso constructivo. La cuantificación se realiza tomando en cuenta todos los posibles usos del agua en el proceso constructivo.

VOLÚMENES DE OBRA DE LA VIVIENDA TIPO, DE LOS DIFERENTES ÍTEMS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

Los volúmenes de obra se determinaron de la vivienda tipo seleccionada, tomando en cuenta los ítem y el tipo de material utilizado.

CUANTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA REQUERIDA DE LOS DIFERENTES ÍTEMS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

La cuantificación de la cantidad y calidad de agua requerida en el proceso constructivo de la vivienda elegida se realiza de una manera lógica y secuencial

tomando en cuenta, algunas consideraciones generales de carácter técnico, de todas las acciones que se deben realizar al construir una vivienda y tomando en cuenta todos los usos posibles del agua. Para facilitar el trabajo cada ítem del proceso constructivo se descompone en varias actividades y en estas actividades se realiza la cuantificación a detalle.

La cuantificación se efectúa de la manera más próxima al uso real del agua en las obras, en algunos casos se tuvo que visitar ciertas obras para realizar observaciones y mediciones de las diferentes herramientas y equipos que utilizan, también se tomó en cuenta las técnicas constructivas propias de la región, que en algunos casos no dejan de llamar la atención por la manera indiscriminada del uso del agua.

También se toma en cuenta las costumbres de los trabajadores, que son propias de cada región. Asimismo se determina la cantidad de obreros que trabajan en la obra, su rendimiento en los diferentes ítems de la vivienda y sus horarios de trabajo.

3.2. IDENTIFICACIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

La identificación del agua en el proceso constructivo, se establecerá de acuerdo a la metodología adoptada, vale decir, tomando en cuenta la función que esta cumple, dentro del proceso constructivo.

- Como componente imprescindible
- Como parte del proceso o material
- Como auxiliar
- Como parte de los controles o pruebas

De acuerdo a la metodología el agua será identificada de acuerdo a la tipología de vivienda seleccionada y descrita anteriormente.

Los ítems que comprenden el desarrollo del proceso constructivo fueron agrupados en diferentes rubros para tener una idea más precisa del proceso constructivo seleccionado.

El agua utilizada en el proceso constructivo identificada, se refiere a una identificación detallada donde se desglosa cada ítem en sus diferentes actividades para no omitir el uso del agua en ninguna parte del proceso constructivo.

Se hace notar que no se toma en cuenta el consumo de agua debido a la higiene y salud de los obreros.

COMO COMPONENTE IMPRESCINDIBLE

La identificación del agua como componente imprescindible codificada con la letra **I**, se refiere a aquellas actividades de los ítems que utilizan el agua como un elemento esencial, que sin él, tal acción sería imposible realizar. Estas actividades utilizan al agua para ejecutar los diferentes elementos constructivos, como son: hormigones, pastas, morteros, revoques, pinturas al agua, proceso de compactación y otros.

COMO PARTE DEL PROCESO O MATERIAL

En la identificación del agua como parte del proceso o material codificada con la letra **M**, se refiere a aquellas actividades de los ítems que utilizan el agua como material o en alguna parte del proceso constructivo al desarrollar las diferentes

actividades de un determinado ítem, como riego de encofrados, curado de hormigones, morteros y revoques, como refrigerante y otros.

COMO AUXILIAR

En la identificación del agua como auxiliar codificada con la letra **A**, se refiere a aquellas actividades de los ítems que utilizan el agua como auxiliar para poder desarrollar de una manera adecuada las diferentes actividades del ítem, como son: limpieza de encofrados, de herramientas y equipos y otros.

COMO PARTE DE LOS CONTROLES O PRUEBAS

En la identificación del agua como parte de los controles o pruebas codificada con la letra **P**, se refiere a aquellos ítem o actividades del proceso constructivo que necesitan controles o pruebas como es el caso de los hormigones que se tienen que elaborar probetas y curarlas en agua para verificar su resistencia, también en la parte de las instalaciones hidráulicas se necesita probar su correcta instalación, como así en la ventanas y cubierta verificando su impermeabilidad.

CALIDAD DEL AGUA REQUERIDA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Se refiere al tipo de agua que se requiere en cada actividad de los diferentes ítems del proceso constructivo, donde las exigencias de calidad del agua pueden variar de acuerdo a la actividad y al ítem.

3.3. CICLO DEL AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

El ciclo del agua en el proceso constructivo, se refiere, al agua que se requiere para todo el proceso constructivo frente al agua que se vierte, quedando así un porcentaje

en la obra de manera encriptada o atrapada, y otro porcentaje que es vertida como agua contaminada o sin contaminar.

A este análisis de las cantidades de agua se denomina el ciclo del agua en el proceso constructivo, llegándose a establecer porcentajes de agua utilizada total, atrapada en la obra y vertida.

INCORPORADA.- Se refiere al agua que se queda en alguna parte del proceso constructivo de manera atrapada o encriptada, esta cantidad de agua es la que no se recupera y forma parte de los elementos constructivos.

VERTIDA.- Se refiere al agua que no se queda en el proceso constructivo, y que es desechada o vertida después de darle algún uso durante el proceso.

CONTAMINADA.- Se refiere al agua vertida o desechada después de darle algún uso en el proceso constructivo y que tiene contaminantes que hacen de esta agua un elemento peligroso para el cuerpo receptor que las reciba, esta agua vertida contaminada, debe tener algún tipo de tratamiento previo para ser reutilizada en el mismo proceso constructivo o vertida al cuerpo receptor.

NO CONTAMINADA.- Se refiere al agua vertida o desechada después de darle o no algún uso en el proceso constructivo, esta agua no requiere ningún tratamiento y puede ser utilizada nuevamente o vertida sin problemas al cuerpo receptor.

3.4. METODOLOGÍA A UTILIZAR PARA CUANTIFICAR EL AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

La metodología utilizada para el presente trabajo, se desarrolló de la siguiente manera:

PASO 1.- Dada la tipología de la vivienda seleccionada y justificada, al igual que el área construida debidamente respaldada, se elabora un plano tipo, del plano se obtienen los cómputos métricos o volúmenes de obra para cada ítem de la vivienda.

PASO 2.- Una vez identificados los ítems de la vivienda se procede a su ordenamiento correspondiente, para tener los mismos clasificados por rubros generales, se hace notar que se toman en cuenta todas las actividades del proceso constructivo con sus respectivos ítems que intervienen en la vivienda sin importar si consumen o no agua.

PASO 3 .- Luego se procede a realizar la codificación del uso del agua en el proceso constructivo, de acuerdo a la función que cumple, siguiendo la siguiente nomenclatura:

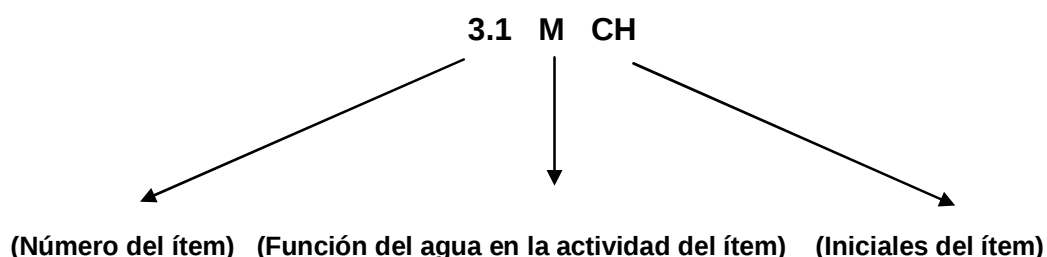
- Como componente imprescindible. Código **I**
- Como parte del proceso o material. Código **M**
- Como auxiliar. Código **A**
- Como parte de los controles o pruebas. Código **P**

SISTEMA DE CODIFICACIÓN

El sistema de codificación utilizado será el siguiente:

(Nº del ítem) (Código) (Iniciales del ítem)

Por ejemplo: para el ítem 3.1 columna de hormigón armado



CUADRO N° 1

Propuesta de Sistema Constructivo con sus Diferentes Ítems

Ejemplo para el sistema constructivo de estructuras

3.	Estructura
3.1.	Columnas de hormigón armado
3.2.	Viga cadena de Hº Aº primer nivel
3.3.	Viga cadena de Hº Aº segundo nivel
3.4.	Escalera de hormigón armado
3.5.	Otros

Fuente: elaboración propia

PASO 4.- Tabulación de todas las actividades del ítem, donde se señala la función que cumple el agua en cada actividad del ítem, el código que se utiliza y la calidad del agua requerida.

CUADRO N° 2

Ítem con sus Actividades

Ejemplo para el ítem columna de hormigón armado

3. Estructura			
Ítem 3.1	Columnas de Hormigón Armado		
Actividades	Función del Agua	Código a Utilizar	Calidad del Agua
Replanteo columnas	X	X	X
Armado del refuerzo	X	X	X
Armado del encofrado	X	X	X
Preparación de la mezcla	I	3.1 I HA	SI
Riego del encofrado (madera)	M	3.1 M HA	SI
Vaciado de la mezcla	X	X	X
Retiro del encofrado	X	X	X
Limpieza del encofrado	A	3.1 A HA	NO
Limpieza de herramienta y equipo	A	3.1 A HA	NO
Curado del hormigón	M	3.1 M HA	SI
Curado DE probetas	P	3.1 P HA	SI

Fuente: elaboración propia

PASO 5.- Una vez identificadas las actividades de los ítems que utilizan agua en el proceso constructivo, con su codificación respectiva y la calidad del agua requerida para cada actividad se procede a la cuantificación del agua, de manera detallada por cada actividad de cada ítem, justificando en cada caso su consumo con parámetros técnicos y racionales.

PASO 6.- Una vez cuantificada el agua en todas las actividades de los diferente ítems del proceso constructivo, se procede a realizar el análisis del ciclo del agua en el proceso constructivo, determinando la cantidad de agua utilizada de acuerdo a su función en todo el proceso constructivo, la cantidad de agua que se queda en el proceso y la cantidad de agua que se vierte, esta puede ser contaminada o no.

3.5. EXPRESIONES UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DEL CONSUMO DE AGUA EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

$$Q_T = \sum^n i = (Q_{li} + Q_{Mi} + Q_{Ai} + Q_{Pi}) \quad (1)$$

$$Q_{VC} = \sum^n i = (Q_{VCMi} + Q_{VCAi} + Q_{VCPi}) \quad (2)$$

$$Q_{VNC} = \sum^n i = (Q_{VNCMi} + Q_{VNCAi} + Q_{VNCpi}) \quad (3)$$

$$Q_{RN} = \sum^n i = (Q_{RNI} + Q_{RNMi} + Q_{RNAi} + Q_{RNPi}) \quad (4)$$

$$Q_{RSN} = \sum^n i = (Q_{RSNi} + Q_{RSNMi} + Q_{RSNAi} + Q_{RSNpi}) \quad (5)$$

Donde:

n = Número de actividades que consumen agua

i = Número de cada actividad que consume agua

Q_T = Agua total consumida por cada ítem

Q_I = Agua consumida como componente imprescindible en la actividad

Q_M = Agua consumida como parte del proceso o material en la actividad

Q_A = Agua consumida como auxiliar en la actividad

Q_P = Agua consumida como parte de las pruebas en la actividad

Q_{VC} = Agua vertida contaminada por cada ítem

Q_{VCM} = Agua vertida contaminada debido al consumo M en la actividad

Q_{VCA} = Agua vertida contaminada debido al consumo A en la actividad

Q_{VCP} = Agua vertida contaminada debido al consumo P en la actividad

Q_{VNC} = Agua vertida no contaminada por cada ítem

Q_{VNCM} = Agua vertida no contaminada debido al consumo M en la actividad

Q_{VNCA} = Agua vertida no contaminada debido al consumo A en la actividad

Q_{VNCP} = Agua vertida no contaminada debido al consumo P en la actividad

Q_{RN} = Agua requerida con normas de calidad por cada ítem

Q_{RNI} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo I de la actividad

Q_{RNM} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo M de la actividad

Q_{RNA} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo A de la actividad

Q_{RNP} = Agua con requerimiento de norma debido al consumo P de la actividad

Q_{RSN} = Agua requerida sin normas de calidad por cada ítem

Q_{RSNI} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo I de la actividad

Q_{RSNM} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo M de la actividad

Q_{RSNA} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo A de la actividad

Q_{RSNP} = Agua sin requerimiento de norma debido al consumo P de la actividad

$$Q_{TRN} + Q_{TRSN} = Q_{TT} \quad (6)$$

$$\boxed{\%Q_{TVC} = \frac{Q_{TVC} * 100}{Q_{TT}}} \quad (7)$$

Donde:

$$Q_{TT} = \text{Consumo de agua total de la construcción} = \sum_{i=1}^n (Q_{Ti})$$

$$Q_{TRN} = \text{Agua total requerida con ciertas normas de la constr.} = \sum_{i=1}^n (Q_{RNi})$$

$$Q_{TRSN} = \text{Agua total requerida sin normas de la construcción} = \sum_{i=1}^n (Q_{RSNi})$$

$$Q_{TVC} = \text{Agua total de vertido contaminada de la construcción} = \sum_{i=1}^n (Q_{Vci})$$

$$Q_{TVNC} = \text{Agua total de vertido no contaminada de la construcción} = \sum_{i=1}^n (Q_{VNCi})$$

3.6. PROCESO DE CUANTIFICACIÓN DEL AGUA EN EL MODELO.

El detalle de la cuantificación del consumo de agua en el modelo constructivo, se realiza de acuerdo a lo establecido en el paso 4

En la página siguiente se presenta, en el Cuadro N° 3, un resumen de la mencionada cuantificación.

CUADRO N° 3
Resumen Cuantificación del Consumo de Agua en el Modelo

CÓD.	ÍTEM	Nº	Q I	Q RNI	Q A	Q VCA	Q RSNA	Q M	Q VCM	Q RNM	Q P	Q VCP	Q RNP	Total	litro/m2
			(m3)												
1,6	Relleno y Compactado	1	3.15614	3.15614										3.15614	20.50041
2,1	Carpeta Nivelación Hº Simple Pobre	2	0.16616	0.16616	0.22320	0.22320	0.22320	0.30000	0.15000	0.30000				0.68936	4.47767
2,2	Zapata de Hormigón Armado	3	1.06785	1.06785	0.90735	0.90735	0.90735	2.64000	1.32000	2.64000	0.07500	0.07500	0.07500	4.69020	30.46475
2,3	Cimiento Hormigón Ciclópeo	4	1.84330	1.84330	1.38155	1.38155	1.38155	5.78065	4.12612	5.78065	0.07500	0.07500	0.07500	9.08050	58.98152
2,4	Sobrecimiento de Hº Armado	5	1.07730	1.07730	0.66960	0.66960	0.66960	5.30911	3.78770	5.30911	0.07500	0.07500	0.07500	7.13101	46.31879
2,5	Contrapiso Piedra	6	1.19008	1.19008	0.89280	0.89280	0.89280	14.20945	10.19737	14.20945	0.07500	0.00750	0.00750	16.36733	106.31243
3,1	Columna de Hº Armado	7	0.64184	0.64184	1.20697	1.20697	1.20697	5.34092	3.83290	5.34092	0.07500	0.07500	0.07500	7.26473	47.18736
3,2	Viga Cadena 1 Nivel y Viga Escal. Hº Aº	8	1.16348	1.16348	1.25137	1.25137	1.25137	6.09566	4.37453	6.09566	0.07500	0.07500	0.07500	8.58551	55.76636
3,3	Viga Cadena Superior de Hº Armado	9	0.49669	0.49669	0.48170	0.48170	0.48170	2.69444	1.93366	2.69444	0.03600	0.03600	0.03600	3.70883	24.09035
3,4	Escalera de Hormigón Armado	10	0.20185	0.20185	0.19116	0.19116	0.19116	0.74244	0.52858	0.74244	0.03600	0.03600	0.03600	1.17145	7.60904
4,1	Muro Ext. Ladrillo Cer. 6 H. e = 18 cm	11	1.25119	1.25119	0.30800	0.30800	0.30800	1.76992	0.93496	1.76992				3.32911	21.62392
4,2	Muro Int. Ladrillo Cerámico 6 H. e = 12 cm	12	0.42273	0.42273	0.18480	0.18480	0.18480	1.19872	0.64936	1.19872				1.80625	11.73232
4,3	Botaguas Ladrillo Cer. De 6 H. e = 12 cm	13	0.08893	0.08893	0.02200	0.02200	0.02200	0.08687	0.06681	0.08687				0.19780	1.28479
4,4	Mesón Cocina de Hº Aº	14	0.03488	0.03488	0.14130	0.14130	0.14130	0.17850	0.12810	0.17850				0.35468	2.30379
4,5	Chimenea Lad. Visto Gambote e = 12 cm	15	0.10060	0.10060	0.03080	0.03080	0.03080	0.23000	0.14000	0.23000				0.36140	2.34744
5,1	Losa Alivianada Cubierta 1 Nivel	16	0.45553	0.45553	0.52405	0.52405	0.52405	3.41445	2.45037	3.41445	0.03600	0.03600	0.03600	4.43003	28.77484
5,3	Cubierta Teja Colonial	17	0.13488	0.13488	0.06160	0.06160	0.06160	0.98808	0.54404	0.98808				1.18456	7.69420
5,4	Aleros de Yeso	18	0.70549	0.70549	0.19200	0.19200	0.19200							0.89749	5.82956
6,2	Agua Potable Tubería 1/2 PVC	19									0.01162	0.01162	0.01162	0.01162	0.07548
6,3	Alcantarillado Sanitario Tub. 2" y 4" PVC	20									0.85051	0.85051	0.85051	0.85051	5.52441
6,4	Cámaras de Inspección (60x 60) cm	21	0.06043	0.06043	0.03080	0.03080	0.03080	0.59000	0.59000	0.59000				0.68123	4.42486
6,5	Colocación Cámaras con Mortero	22	0.00321	0.00321	0.01110	0.01110	0.01110	0.00720	0.00504	0.00720				0.02151	0.13972
6,6	Instalación Art. Sanitarios y Lavaplatos	23	0.02287	0.02287	0.01110	0.01110	0.01110	0.01280	0.00640	0.01280				0.04677	0.30379
7,1	Revoque Interior Grueso	24	1.53830	1.53830	1.23200	1.23200	1.23200	7.61274	1.98460	7.61274				10.38304	67.44204
7,2	Revoque Interior Yeso Fino	25	2.08809	2.08809	1.60000	1.60000	1.60000	0.29204	0.14602	0.29204				3.98013	25.85255
7,3	Revoque Exterior	26	1.11653	1.11653	0.98120	0.98120	0.98120	5.30192	1.32867	5.30192				7.39965	48.06372
7,4	Cielo Falso con Maderamen	27	2.18511	2.18511	0.28800	0.28800	0.28800							2.47311	16.06385
7,5	Cielo Falso Bajo Losa	28	0.28722	0.28722	0.09600	0.09600	0.09600							0.38322	2.48917
7,6	Colocación Piso Mosaico Calcáreo	29	1.88320	1.88320	0.04800	0.04800	0.04800	0.15000	0.15000	0.15000				2.08120	13.51824
7,7	Colocación Zócalo Mosaico Calcáreo	30	0.16735	0.16735	0.02400	0.02400	0.02400							0.19135	1.24290
7,8	Colocación Azulejos	31	0.15308	0.15308	0.02400	0.02400	0.02400	0.03620	0.02810	0.03620				0.21328	1.38534
7,9	Zócalo Exterior H = 50 cm	32	0.17822	0.17822	0.12320	0.12320	0.12320	0.11113	0.05556	0.11113				0.41255	2.67968
8,4	Colocación Baranda Metálica	33	0.00508	0.00508	0.00110	0.00110	0.00110	0.01520	0.00760	0.01520				0.02138	0.13887
9,1	Colocación Vidrios	34			0.03386	0.03386	0.03386							0.03386	0.21993
10,1	Pintura Exterior Látex	35	0.01165	0.01165	0.00116	0.00116	0.00116							0.01281	0.08321
10,2	Pintura Interior Látex	36	0.02387	0.02387	0.00239	0.00239	0.00239							0.02626	0.17057
11,1	Limpieza General	37			1.70000	1.70000	1.70000							1.70000	11.04219
T O T A L E S			23.92513	23.92513	14.64041	14.64041	14.64041	65.10844	39.46649	65.10844	1.35263	1.35263	1.35263	105.32986	684.16006

Fuente: Elaboración propia

3.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Del anterior cuadro se puede apreciar lo siguiente:

- El consumo total de agua en el Proceso Constructivo es de 105.33 metros cúbicos para la tipología seleccionada.
- El consumo de agua para la tipología seleccionada es de 684.16 litros por metro cuadrado construido.
- El ítem que consume mayor cantidad de agua es el 2.5 Contrapiso de Piedra, con 16.37 metros cúbicos.
- Se evidencia que no hay agua vertida no contaminada.
- El agua vertida contaminada representa el 52.81% del total utilizada.
- El agua que se evapora o se queda encriptada en el proceso Constructivo representa el 47.19% del total utilizado.
- La distribución porcentual del consumo de agua debido al tipo de consumo es el siguiente:

CUADRO N° 4

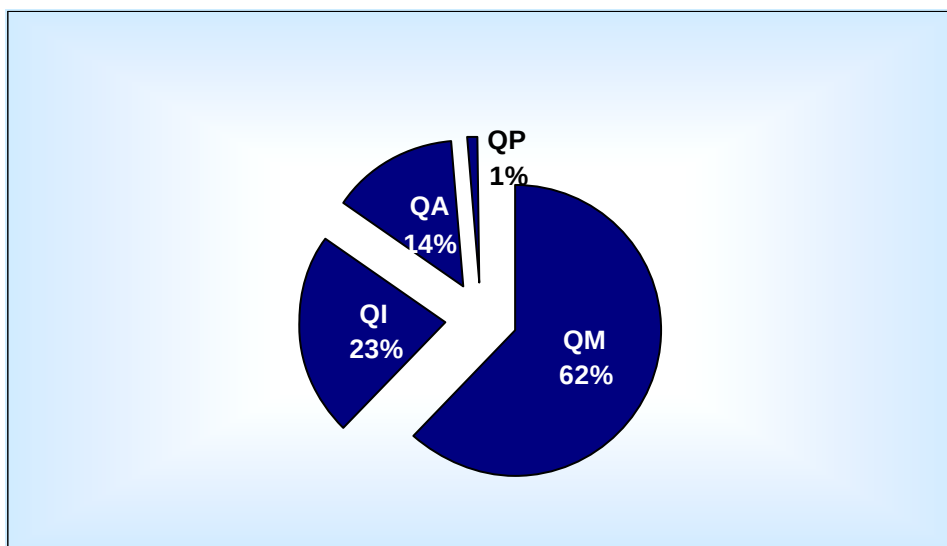
Distribución Porcentual del Consumo de Agua

QM	61.81%	Como parte del Proceso o Material
QI	22.71%	Como componente imprescindible
QA	14.13%	Como auxiliar
QP	1.35%	Como parte de los controles o pruebas
	100.00%	

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3

PORCENTAJE POR TIPO DE CONSUMO



Fuente: Elaboración Propia

- Se puede evidenciar que de acuerdo al consumo de agua por metro cuadrado de vivienda construida, se estima un consumo futuro de más de 50 mil metros cúbicos de agua para el año 2020 y casi 100 mil m³ para el año 2040, de acuerdo al cuadro siguiente:

CUADRO N° 5

Consumo de agua por metro cuadrado Años 2020 y 2040

Año	Habitantes	Viviendas	Superficie (m²)	Consumo (M3)
2003	148,080	35,595	3,559.500	2:435,267
2020	309,404	74,376*	7,437.600*	5:088,509*
2040	736,260	176,986*	17,698.600*	12:108,675*

Fuente: *Elaboración propia*

** Datos estimados*

CAPITULO IV PROPUESTA Y ESTRATEGIAS DE MINIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA

4.1 INTRODUCCIÓN O POSTULADOS DE PARTIDA

Como postulados de partida, dentro de las propuestas de minimización del consumo de agua en el M.C.M., podemos precisar dos postulados importantes que son: medidas ajenas al técnico y medidas que son de incumbencia del técnico, estos postulados de partida los asumimos como tales en el análisis de las diferentes estrategias para minimizar el consumo de agua en el proceso constructivo.

La tesis se enmarca en las medidas que si competen al técnico, significa que el técnico es el gran responsable que puede establecer un ahorro importante en el consumo de agua en el proceso constructivo.

MEDIDAS AJENAS AL TÉCNICO

Son aquellas que no competen al técnico y que escapan a su control dentro del “Proyecto”; entendiendo como proyecto todo el proceso que conlleva a plasmar la obra físicamente, que empieza desde la proyección de la obra o – para ser más preciso – de la vivienda, hasta su materialización de la misma. Estas medidas, en alguna forma ayudarán a minimizar el consumo de agua en el proceso constructivo, entre ellas citamos:

- **Potenciar el mantenimiento;** medida que nos ayudará a realizar menos reparaciones, actuando de una manera preventiva antes que reparativa, lo que significa tener la cultura de realizar mantenimientos periódicos a las viviendas con la finalidad de evitar deterioros grandes que signifiquen ejecución de volúmenes significativos de obra lo que implica utilización del recurso agua. El mantenimiento de una vivienda significa presupuestar un monto de dinero anualmente para ser utilizado en reparaciones y refacciones que son necesarias, debido al uso regular de la vivienda.
- **Regular y facturar el consumo indiscriminado del agua,** medida que mostrará de manera real el consumo de agua que se utiliza en una construcción, y nos alertará sobre el uso indiscriminado e irracional del agua. Significa que debemos cuantificar el consumo de agua durante el proceso constructivo y evitar el derroche en actividades en las cuales se puede ahorrar.

Al tener una idea del consumo de agua por metro cuadrado construido, podremos saber si el consumo está de acuerdo a los metros construidos o existen otras actividades que distorsionan dicho consumo.

- **Establecer medidas “penalizadoras”,** para aquellos consumidores que se demuestre su uso abusivo e indiscriminado del agua. Las multas a veces son necesarias de aplicar, cuando el consumidor no respeta el uso adecuado de un recurso tan escaso y vital como es el agua.
- **La formación e información,** es fundamental para que la población conozca la situación mundial del agua y la de su región, para que la valore y tenga una cultura del uso del agua, la formación de recursos humanos con

conocimientos básicos sobre la problemática del agua dará como resultado una conciencia en el uso del agua. Este trabajo contribuye a la formación e información, debido al mismo sabemos cuánta agua es necesaria para construir un metro cuadrado de vivienda y los litros que serán necesarios para satisfacer la demanda habitacional; así también se tratará de que los profesionales del rubro, puedan ser formados adecuadamente para minimizar el consumo de agua en el proceso constructivo.

El agua es un recurso que cuesta adquirirlo, debido a su escasez permanente y a la inversión que se tiene que realizar para tenerla en un grifo.

MEDIDAS QUE COMPETEN AL TÉCNICO

El presente trabajo de investigación se enmarca en este punto, donde el técnico es el protagonista en el ahorro del consumo del agua en el proceso constructivo, para ser más preciso, el ahorro del agua, estará en función de las decisiones tecnológicas que se adopten en el proceso constructivo y/o el uso de diferentes materiales.

Son acciones o medidas que el técnico puede asumir durante el “Proyecto”, y que de una u otra manera influirán en el consumo de agua durante el proceso constructivo, las medidas pueden estar enmarcadas en dos grandes grupos, el primero que corresponde a la parte proyectual, y la segunda a las decisiones tecnológicas que se adopten en el “Proyecto”.

- **Medidas o decisiones proyectuales.** Corresponden a las decisiones que tome el proyectista en el momento de definir la solución constructiva en el plano, pueden ser:
 - **Reducir la repercusión de elementos comunes,** preferir edificaciones en altura que urbanizaciones abiertas. Por ejemplo en una construcción vertical la superficie techada es de 100 m² la cual sirve para 4 pisos, o sea 4 viviendas, en una urbanización abierta se hubiese necesitado 400 m² de techo, para la misma superficie de viviendas, con el consecuente aumento de volumen de obra, que repercute en el incremento del consumo de agua medida, también contribuye al ahorro de espaciamiento comunitario, que hoy en día son tan necesarios y escasos.
 - **Calidad del proyecto** en las especificaciones técnicas y los detalles constructivos, esto con la finalidad de evitar errores y lesiones, cuya ausencia nos dará como resultado una construcción sana y no tendrá la necesidad de que se le efectúen reparaciones. Asimismo, se evitarán demoliciones por mala interpretación de los planos.
- **Medidas o decisiones tecnológicas.** Corresponden a las decisiones que el técnico puede tomar en la elección de los materiales, en la tipología de los elementos de la obra y en cualquier situación que se tenga que elegir una solución sin afectar al proyecto arquitectónico, entre estas medidas pueden ser:
 - **Evaluar soluciones para cada subsistema constructivo** en lo que se refiere a los procesos o a los productos utilizados. Medida que se refiere por ejemplo al subsistema cimentación que abarca una serie de ítems que de manera global se puede elegir un subsistema de

cimentación que ahorre el consumo de agua y no de manera aislada. También son importantes las soluciones constructivas imaginativas que hacen que se pueda ahorrar agua en el Proceso Constructivo.

- **Estar al día en el uso de nuevos materiales y productos** utilizados en la construcción, con la finalidad de poder utilizarlos en beneficio del ahorro del consumo de agua. Es de mucha importancia, ya que la industria de la construcción es muy dinámica e innovadora y cualquier material o producto nuevo puede significar el ahorro de agua en el proceso constructivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arquero, Francisco. *Práctica Constructiva*. Barcelona – España: Ediciones CEAC, S.A., junio 1984
- Rufino Marcos, Anaya Franklin. *Norma Boliviana del Hormigón Armado*. Madrid – España: Neografis, S.L., 1988
- Holý, Milos. *El Agua y El Medio Ambiente*. Roma – Italia: ONU, FAO, 1973
- Ministerio de Fomento. *Instrucción de Hormigón Estructural*. Madrid – España: Lerko Print, S.A., noviembre 2000
- Neville, A.M. *Tecnología del concreto*. México 16, D.F. La Impresora Azteca, S. de R.L., febrero de 1981
- Suárez Carlos. *Costo y Tiempo en Edificación*. México: Editorial Limusa, S.A., 1981
- Blume Ecología. *El Agua*. Barcelona – España: Gráficas L'Alzina. 1988
- Garduño Héctor, Arreguin Cortez Felipe. *Uso Eficiente del Agua*. http://unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/tapausef.html