



UNIVERSIDAD  
DE CIENFUEGOS

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS

Carlos Rafael Rodríguez

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

# TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero Industrial

**Título: Estudio de factibilidad técnica-económica y ambiental del proyecto para el nuevo sistema de suministro de agua en la empresa “Cemento Cienfuegos S.A”.**

AUTOR: Alexander Pérez Guerra

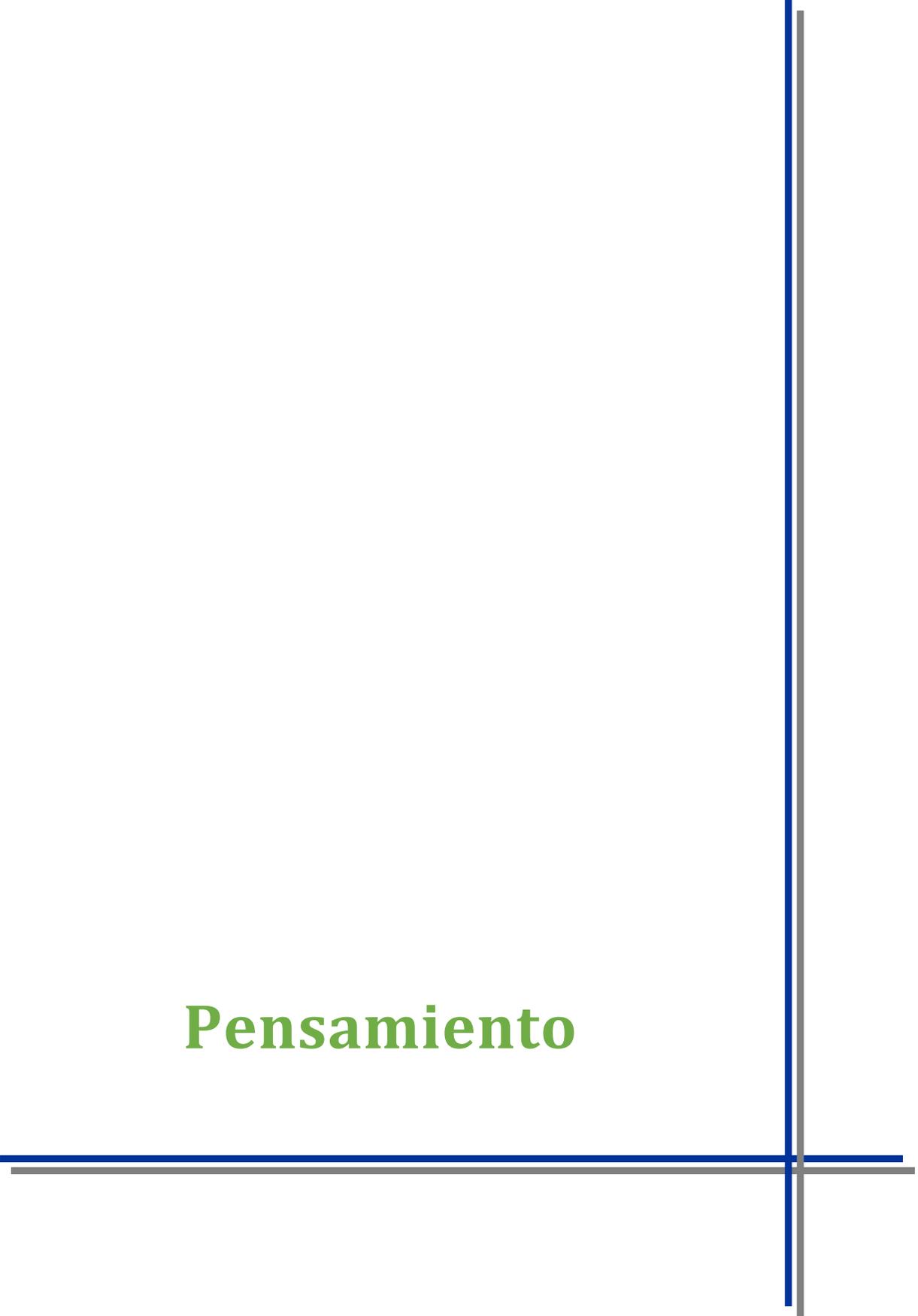
TUTORES: MS.c. Ing. Carmen Celia Lafont Navarro

MS.c. Ing. José Luis Romero Cabrera

Curso 2018-2019

Año 61 de la Revolución

**Pensamiento**



*...usted no puede controlar lo que no se puede medir.*

**Tom De Marco**

# Dedicatoria



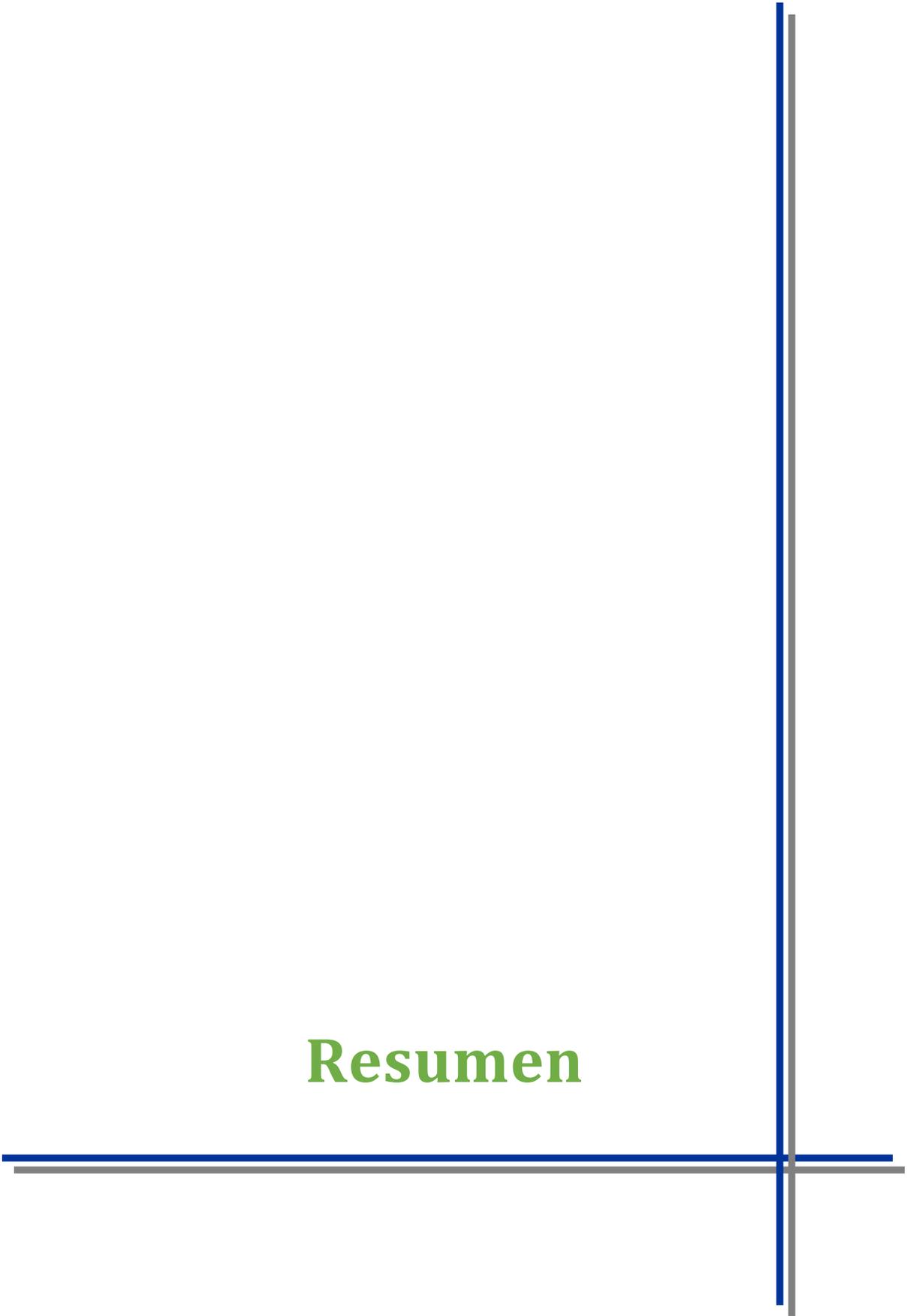
*A mis padres, mi tía que me ha apoyado a lo largo de la carrera; mi prima y demás familiares; trabajadores de la empresa Cementos Cienfuegos S.A, colectivo muy solidario y acogedor. Un especial a mi tutor el que ha hecho posible la realización de este trabajo. En fin, a todo el claustro de profesores que me ha acompañado y de una forma u otra me guiaron hasta este momento tan especial de nuestras vidas que se marcará por siempre en el corazón de todos.*

# Agradecimientos



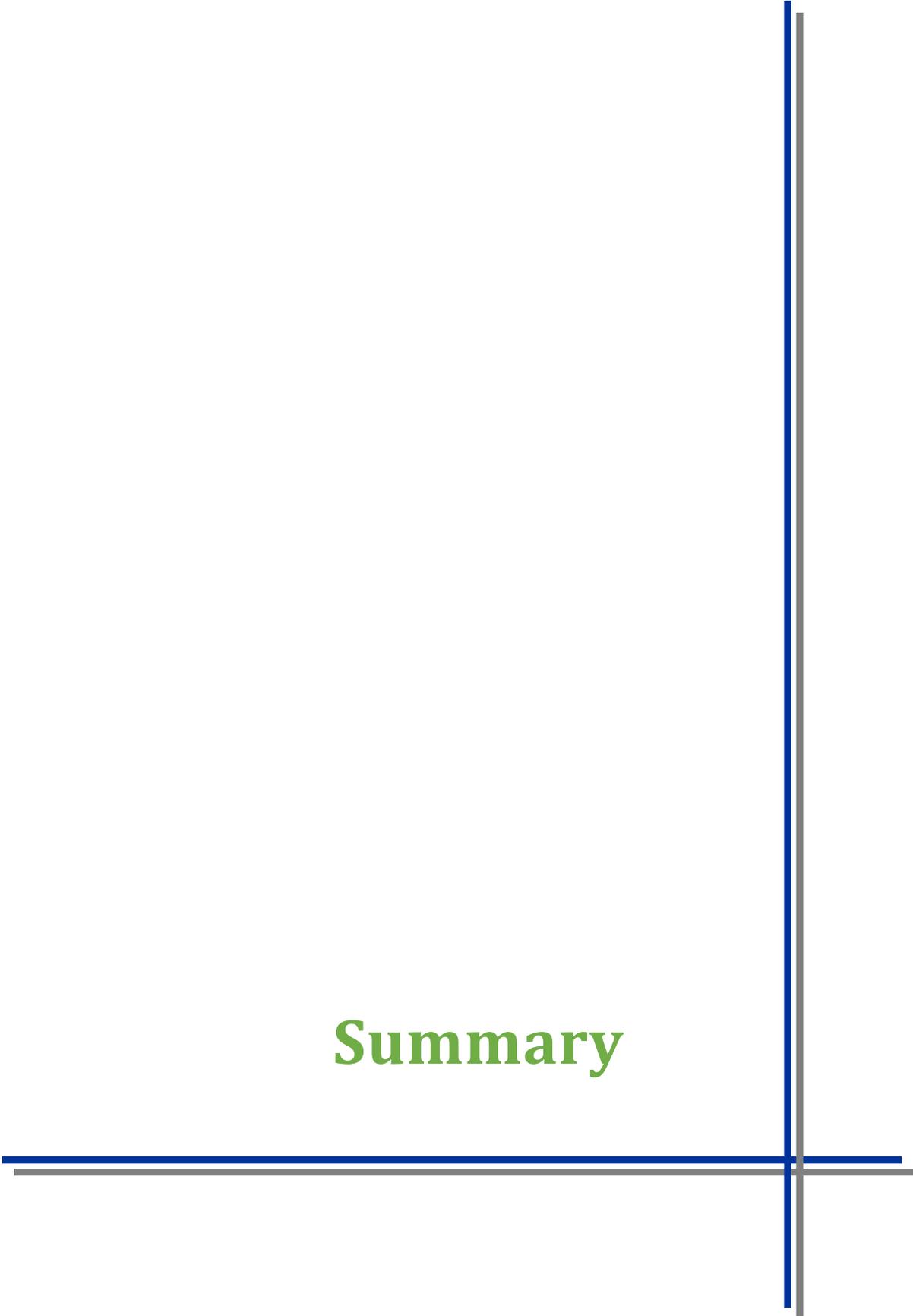
*Agradezco a todos aquellos que me apoyaron desde el más elemental e insignificante detalle tanto espiritual como material; sería injusto si no expresara a todos “MUCHAS GRACIAS”.*

# Resumen



## **RESUMEN**

En el presente trabajo se realiza el estudio de factibilidad técnico económico y ambiental a ciclo completo del proyecto para suministro de agua técnica desde el emplazamiento, realizado en la empresa mixta Cementos Cienfuegos S.A. como alternativa al sistema actual de la estación de Codicia debido a los altos costo asociados al estado técnico de esta conductora, que facilita la toma de decisiones a la Dirección General para ejecutar la inversión. Se realiza también una caracterización general de la empresa, su estado hidrológico, las entradas y salidas de agua en los procesos; concluyendo que el mayor consumo de agua es en las torres estabilizadoras debido que en su funcionamiento el agua se evapora y sale a la atmosfera. El proyecto prevé la extracción de agua subterránea en pozos que están dentro del emplazamiento, dichos pozos han sido certificados por la empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Cienfuegos, como aptos para ser explotados como agua de uso industrial.

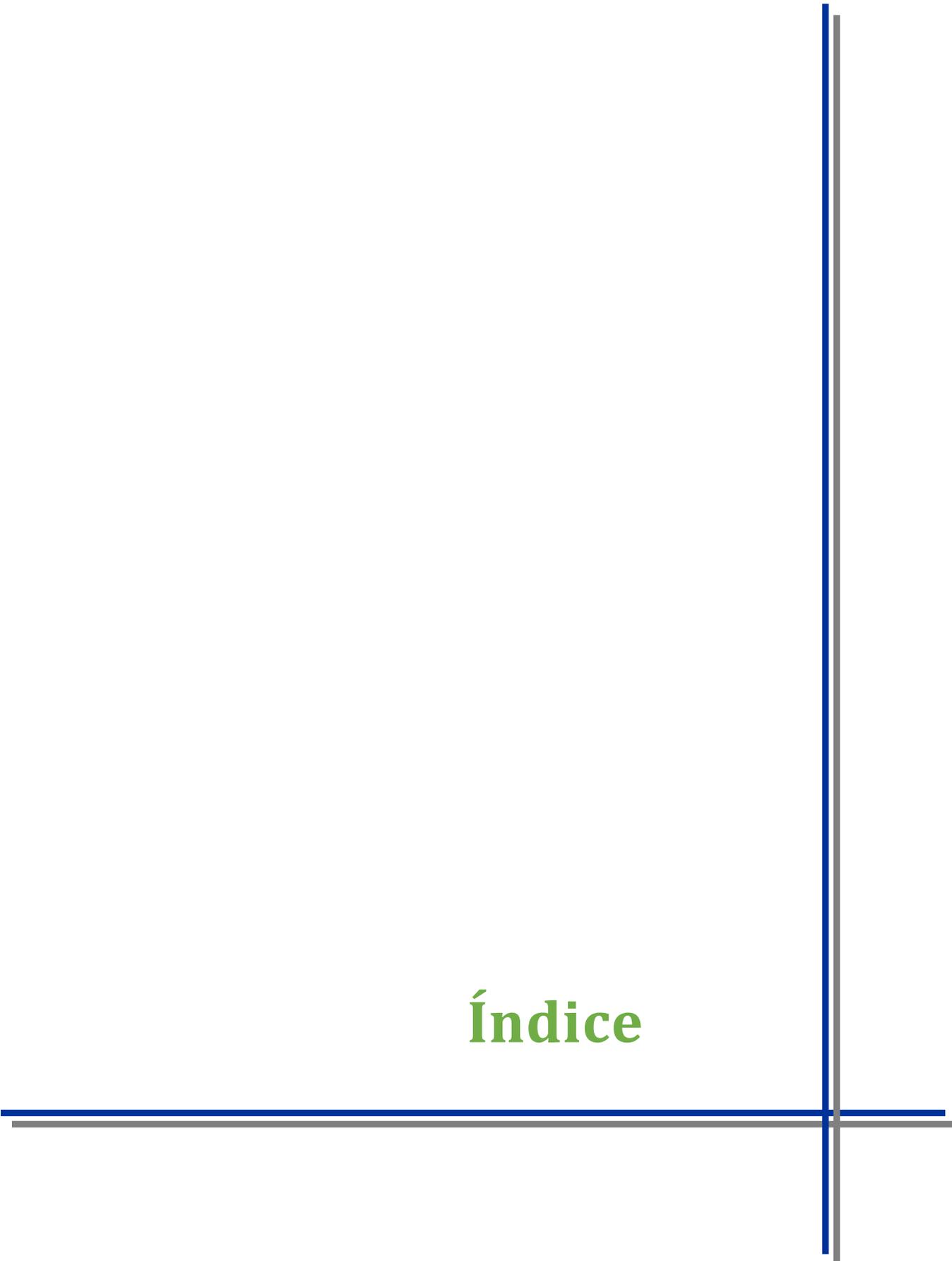


# Summary

**Summary:**

In the present work the economic and environmental technical feasibility study is carried out to the complete project cycle for technical water supply from the site, carried out in the mixed company Cementos Cienfuegos S.A. as an alternative to the current system of the Codicia station due to the high cost associated with the technical status of this driver, which facilitates the decision making of the General Directorate to execute the investment. There is also a general characterization of the company, its hydrological status, the inlets and outlets of water in the processes; concluding that the biggest consumption of water is in the stabilizing towers due to the fact that in its operation the water evaporates and leaves to the atmosphere. The project foresees the extraction of groundwater in wells that are inside the site, said wells have been certified by the company of Hydraulic Utilization of Cienfuegos, as apt to be exploited for water of industrial use.

# Índice

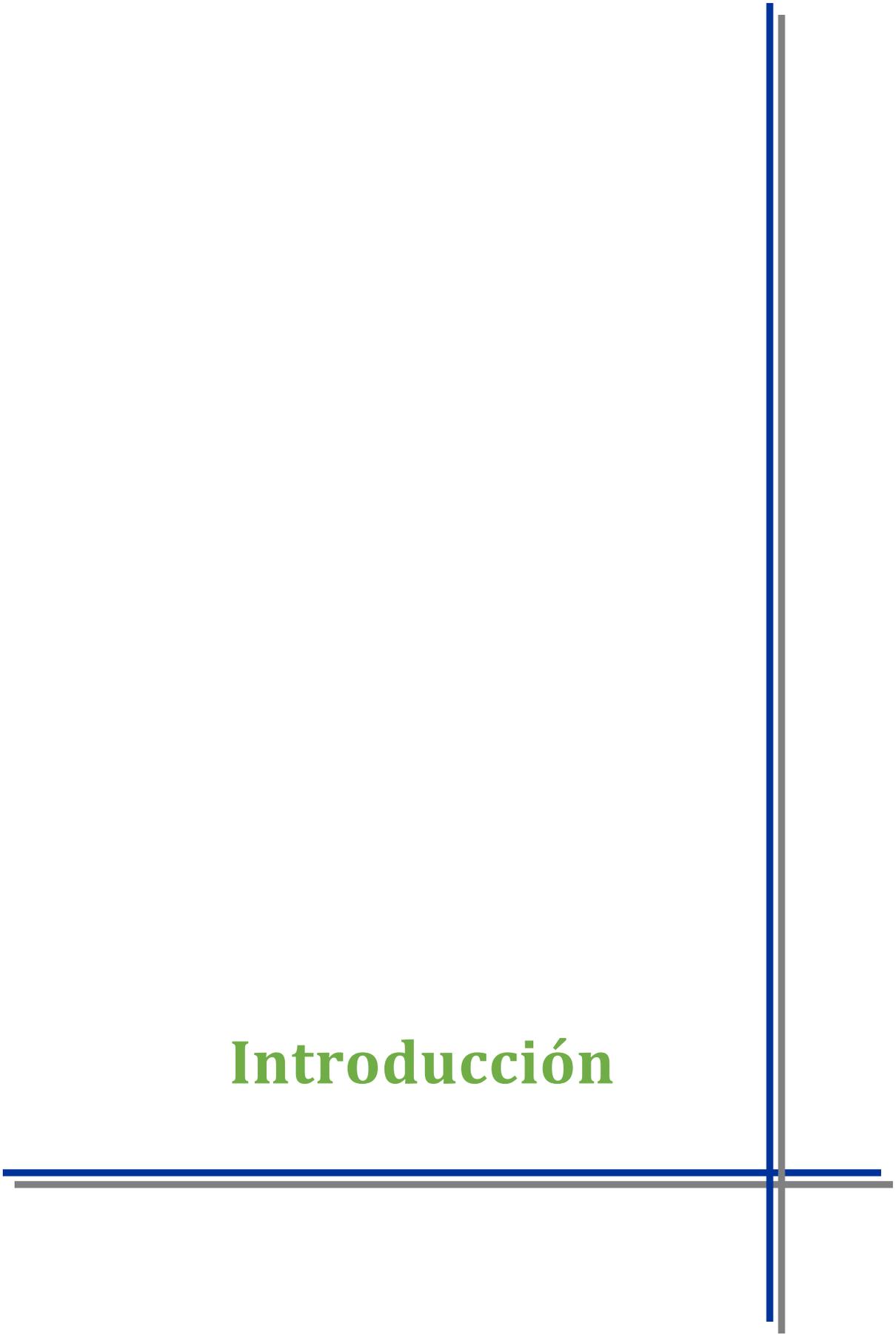


## Índice

Pensamiento .....	2
Dedicatoria .....	4
Agradecimientos.....	6
Resumen .....	8
Summary .....	10
Índice .....	12
<i>Introducción</i> .....	9
Situación Problemática:.....	10
Problema de investigación:.....	11
Objetivo general:.....	11
Objetivos específicos:.....	11
Herramientas a utilizar:.....	12
<i>Capítulo 1 – Estudio documental</i> .....	13
1.1 Caracterización de la problemática del agua en el mundo.....	14
1.2 Caracterización de la problemática del agua en Cuba .....	17
1.2.1 Principales problemas relacionados con el uso sostenible de los recursos hídricos en Cuba.....	20
1.3 Fundamentos del uso eficiente del agua .....	23
1.3.1 Principios de la eficiencia del uso del agua .....	24
1.4 Uso del agua en la fabricación de cemento .....	28
Conclusiones Parciales .....	30
CAPITULO 2- Caracterización de la empresa, el proceso productivo. Consumo de agua en Cementos Cienfuegos S.A. (CCS.A).....	31
2.1 Caracterización de la Empresa .....	31
2.1.2 Ubicación extensión y límites.....	32
2.1.3 Hidrología .....	32
2.1.4 Estructura organizativa y cantidad de trabajadores .....	33
2.2 Descripción del proceso productivo.....	34
2.2.1 Preparación de las materias primas .....	35
2.2.2 Uso del agua en la etapa de la preparación de las Materias Primas .....	37
2.2.3 Uso del agua en el área de dosificación y molienda de Crudo.....	38
2.3 Uso del agua en el área de Piroproceso.....	38

2.4 Análisis de las metodologías para realizar estudios el de factibilidad .....	42
<i>Capítulo 3 – Evaluación de la situación de agua subterránea y factibilidad técnica-económica</i> .....	55
3.1 Factibilidad técnica del proyecto .....	55
3.1.1 Calidad del agua .....	55
3.1.2 Determinación de la reserva de agua disponible en el emplazamiento .....	56
3.1.3 Propuesta del proyecto .....	57
3.2 Costo de inversión.....	58
3.3 Determinación de los Flujos de Caja .....	59
3.4 Análisis de Escenarios.....	63
3.5 Análisis del umbral de rentabilidad.....	67
3.6 Análisis costo beneficio .....	69
3.7 Costos sociales .....	69
Conclusiones parciales .....	70
<i>Conclusiones Generales</i> .....	71
<i>Recomendaciones</i> .....	72
Bibliografía .....	73

# Introducción



## **Introducción**

En el pasado, la aparente abundancia del agua en el mundo daba la impresión que se trataba de un bien inagotable, y a su vez era el más barato. En la mayoría de las regiones el agua era gratuita, lo que genera en el hombre, una conducta de derroche. El agua se considera en la actualidad como un recurso económico del mismo valor que los minerales, y debe ser administrada racionalmente. En el origen de esta toma de conciencia aparece una importante disminución de este recurso en múltiples puntos del globo y a un aumento del costo de la energía a partir de la mitad de la década de los setenta.

Se ha constatado que la explotación irracional de un recurso de superficie o subterráneo provoca déficit de agua y que ese déficit tiende a aparecer en nuevos lugares y a menudo varias veces por año. Es probable que los déficits sean causados por la contaminación y de cualquier manera comprometen el desarrollo urbano y económico.

La creciente necesidad de un equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población podrá lograrse armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua.

En nuestro país el agua que consume la población se obtiene de ríos, arroyos, acuíferos del subsuelo y presas. Estos acuíferos se recargan de forma natural en época de lluvias. Sin embargo, la época de lluvias tiene una duración promedio de cinco meses lo que propicia una escasa captación. Paralelamente a esto, del total de agua captada por lluvias, aproximadamente el 70% se evapora.

La desproporción que existe entre la cantidad de agua que se logra embalsar y las cada vez más cortas temporadas de lluvias, hace que la disponibilidad del agua disminuya a medida que pasan los años. Bajo este panorama nos enfrentamos en la actualidad a graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua, lo cual nos hace que tomemos conciencia de su uso adecuado tanto en la vida diaria como en procesos industriales.

En los momentos actuales, caracterizados por una aguda crisis económica y financiera el ahorro de recursos naturales y energéticos constituye una forma de mejorar la relación hombre - ambiente, emitiendo menos contaminantes al entorno, y así las empresas aprovechen la oportunidad de mejorar su imagen, aumentar la competitividad, expandirse a mercados más exigentes, y torcer su camino un poco hacia la sustentabilidad.

Las plantas cementeras y hormigoneras utilizan grandes volúmenes de agua en sus procesos productivos tanto para el enfriamiento de equipamiento tecnológico y sistemas

de desempolvado en el caso de vía seca, como para la elaboración de las colas en tecnologías de vía húmeda. Cementos Cienfuegos S.A. (CCS.A) cuenta con tecnología de proceso seco, no obstante, existen instalaciones con un alto consumo de agua, específicamente las torres estabilizadoras de los electrofiltros, el agua en este caso se utiliza para el rociado de la mezcla de gases-polvo antes del electrofiltros, las que utilizan el agua para enfriar esta mezcla proveniente del horno y mejorar las propiedades eléctricas para una colección de polvo efectiva en las placas del electrofiltro.

En el resto de los circuitos tecnológicos el agua se mantiene en un circuito cerrado de enfriamiento donde las fugas se encuentran minimizadas, no obstante, existen pérdidas asociadas a la utilización no tecnológica del agua: sanitarios, regadíos, lavado de equipos, duchas y una pequeña cantidad que utiliza la comunidad cercana a la empresa. Las aguas residuales son conducidas a los sistemas de tratamiento (lagunas de oxidación) y de aquí son trasladadas a la cuenca Caunao.

El riego de las áreas verdes es una pérdida necesaria de agua ya que la jardinería constituye un sistema ambiental destinado a evitar las resuspensión del polvo depositado en el terreno, evitar la erosión y mejorar el impacto ambiental visual de las instalaciones.

En Cementos Cienfuegos S.A. como parte de su estrategia ambiental se ha establecido un programa de ahorro de agua que en los últimos dos años viene disminuyendo sustancialmente los índices de consumo hasta valores de 0.8 m<sup>3</sup>/t de Clinker, valor superior a los estándares mundiales de plantas similares.

### **Situación Problemática:**

El incremento paulatino del indicador de consumo de agua por tonelada de Clinker, es el resultado de:

	2015	2016	2017	2018	TOTAL	
Agua Bombeada (m <sup>3</sup> )	417,545.50	309,000.00	311,545.00	293,612.28	1,331,702.78	
Agua Recibida (m <sup>3</sup> )	181,275.00	142,372.00	110,741.00	84,259.00	518,647.00	
Diferencia (m <sup>3</sup> )	236,270.50	166,628.00	200,804.00	209,353.28	813,055.78	
% de agua perdida	56.59	53.92	64.45	71.30	246.27	
<b>Costo de las pérdidas (CUC)</b>	28,352.46	19,995.36	24,096.48	25,122.39	97,566.69	
<b>Costo energía perdida (CUC)</b>	1,678.47	1,183.73	1,426.51	1,487.25	5,775.95	
<b>Costo de mantenimiento (CUC)</b>					208,088.52	
Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2018)					<b>TOTAL</b>	<b>311,431.16 CUC</b>

- El mal estado de la conductora que suministra el agua desde la fuente de abasto (Codicia) ubicada a 8 km de la fábrica Cementos Cienfuegos S.A.

El deterioro progresivo de la conductora provoca pérdidas de hasta un 50% de la cantidad bombeada, trayendo consigo un gran aumento del tiempo de bombeo para mantener los niveles de agua en los tanques de recepción.

Esta situación aumenta los costos variables asociados al consumo adicional de energía, e incrementa el riesgo de parada por falta de agua.

La inversión de una nueva conductora valorada en 8.0M CUC, es prácticamente imposible de ejecutar por la escasez de divisas disponibles del país; por lo que es vital para la empresa implementar medidas adicionales dirigidas a aumentar la disponibilidad de este recurso y la búsqueda de otras fuentes de abasto en el emplazamiento.

#### **Problema de investigación:**

Necesidad de un estudio de factibilidad técnico-económico y ambiental a ciclo completo para el proyecto de explotación de las reservas de agua disponibles en el emplazamiento para la toma de decisiones por la Dirección General para su ejecución.

Por lo expuesto anteriormente se plantea el siguiente

#### **Objetivo general:**

- Determinar la factibilidad técnico, económico y ambiental a ciclo completo del proyecto de explotación de las reservas de agua disponibles en el emplazamiento para demostrar su factibilidad técnico económica para su ejecución.

Para su cumplimiento se proponen los siguientes

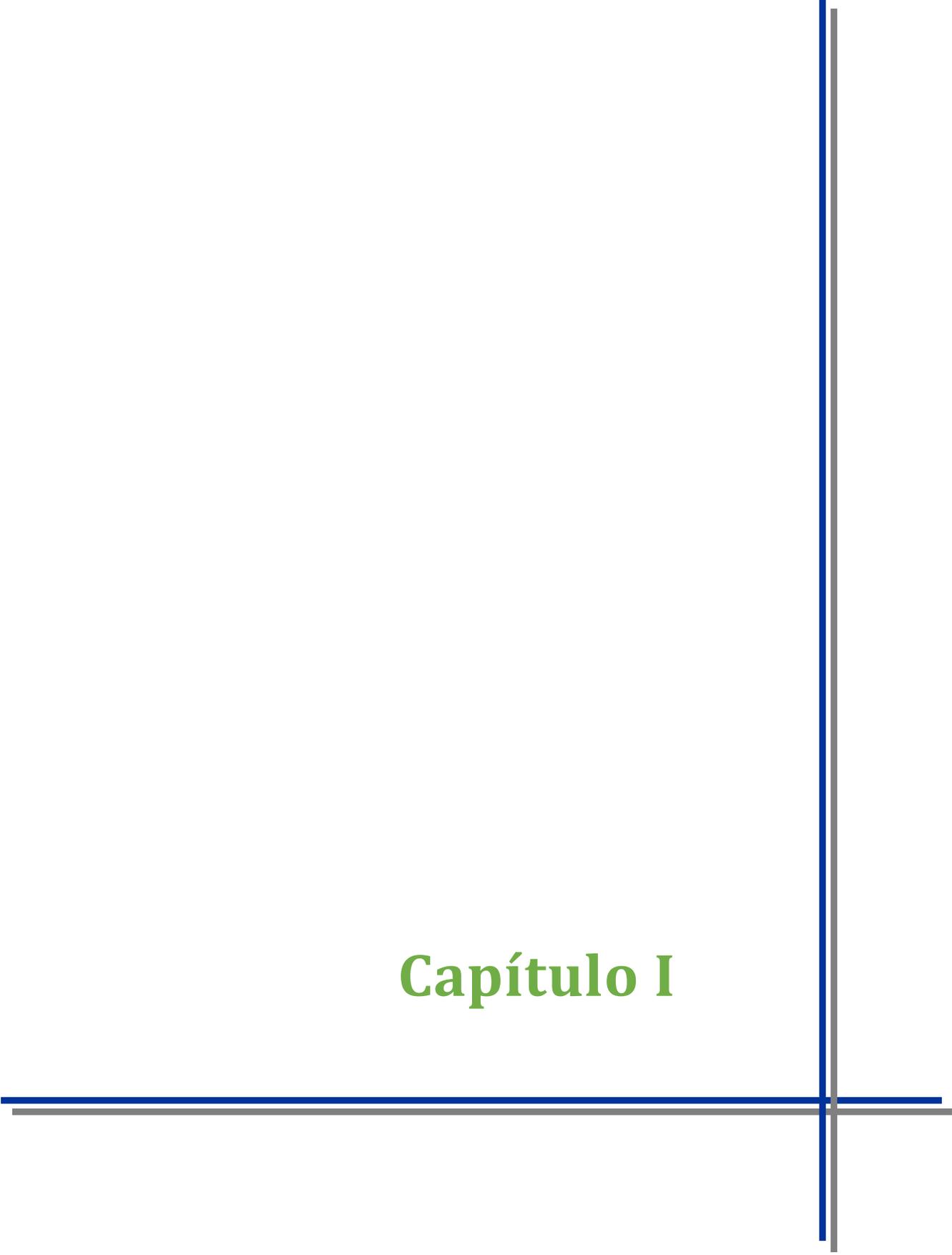
#### **Objetivos específicos:**

1. Realizar un estudio documental que permita establecer las tendencias internacionales y nacionales en la gestión del agua en las industrias y particularmente en la del cemento.
2. Realizar un análisis de las metodologías para la elaboración de estudios de factibilidad.
3. Proponer proyectos de utilización de las reservas de agua presentes en el emplazamiento.
4. Realizar el estudio de factibilidad técnico, económica y ambiental a ciclo completo para el proyecto.

**Herramientas a utilizar:**

- Diagrama de Flujo OTIDA
- Diagrama SIPOC
- Técnicas de análisis estadísticos
- Procedimiento para estudios de factibilidad técnico-económico de proyecto

# Capítulo I



**Capítulo 1 – Estudio documental**

En el presente capítulo se desarrolla una búsqueda sobre la situación del agua en Cuba y el mundo, principales tendencias en cuanto a obtención y reutilización. Enfatizando en las industrias del cemento y el consumo de CCSA. Teniendo como soporte literatura científica sobre el tema.

En la figura 1.1 se representa el hilo conductor que organiza de una manera lógica los temas mencionados anteriormente.

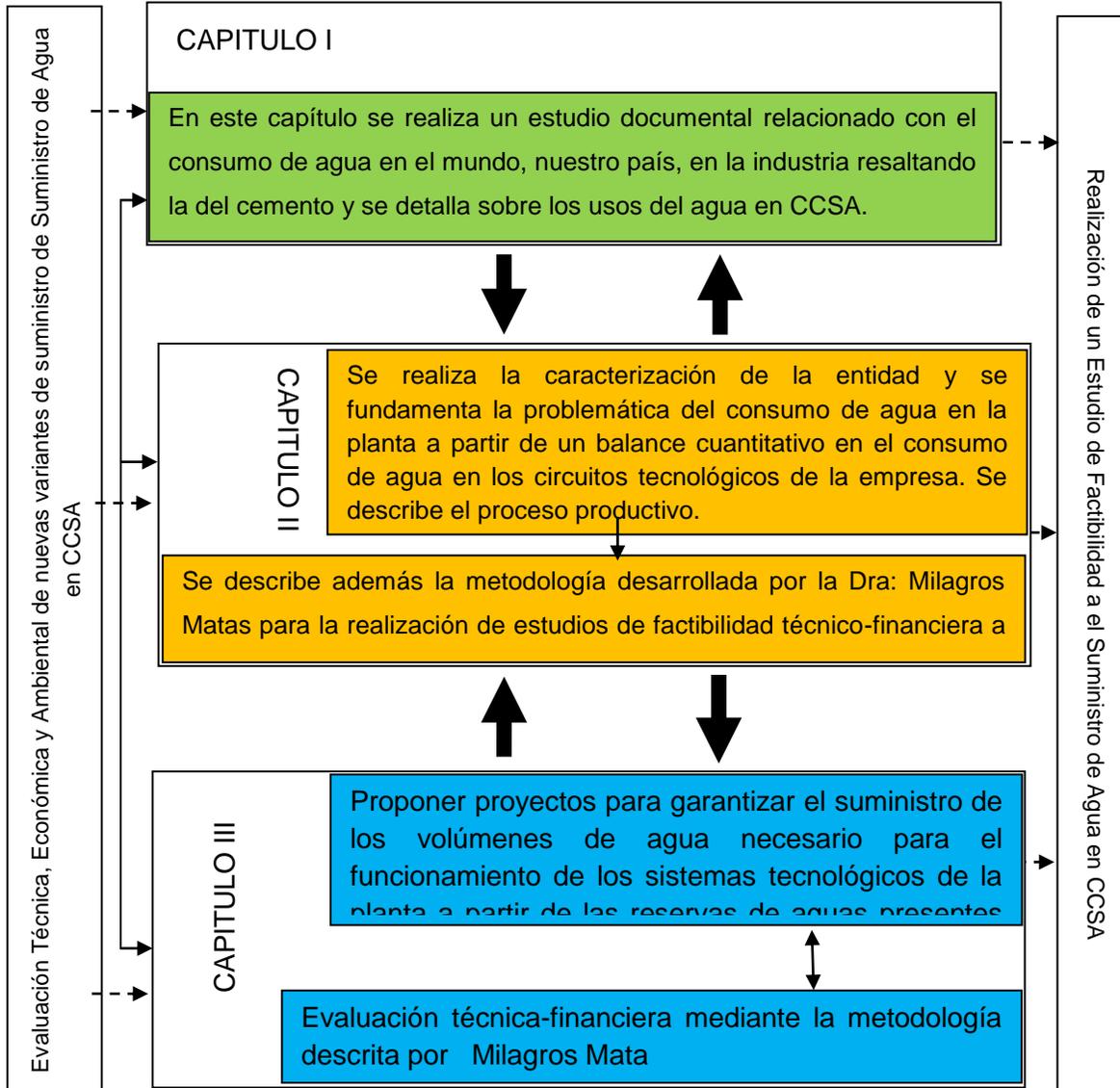


Fig. 1.1 Hilo Conductor. Fuente: (Elaboración Propia)

### **1.1 Caracterización de la problemática del agua en el mundo.**

Se estima que el volumen total de agua en la Tierra es de aproximadamente 1.400 millones de km<sup>3</sup> de los cuales sólo el 2,5%; (aproximadamente 35 millones de km<sup>3</sup>), corresponde al agua dulce, cuyo mayor volumen se acumula en los polos, (Groenlandia y en depósitos muy profundos). De tal manera que solo el 0,01% de toda el agua del planeta, aproximadamente 200 mil km<sup>3</sup>, es aprovechable para el uso humano, al proceder de lagos, ríos, humedales y cuencas subterráneas poco profundas. Por otra parte, la distribución de este volumen de agua es muy heterogénea y desigual, existiendo regiones y países con gran abundancia y otros con muy escasos recursos hídricos, lo cual ha conducido incluso a graves conflictos (*Díaz Duque, 2003*).

Por tales motivos la gestión de los recursos hídricos es una actividad central para la vida humana, la salud, la economía y el bienestar político de cualquier región o país. La escasez de agua que se prevé para los próximos años, producto de la creciente demanda del recurso, debida al crecimiento de la población, cambios en los patrones de consumo, la contaminación y la falta de controles ambientales, ha contribuido a poner el tema de conservación y gestión de los recursos hídricos en la agenda política internacional (*Comisión Europea, 1999*).

El déficit de agua ya es una realidad en gran parte del planeta, determinada por la baja disponibilidad de suministros renovables de agua dulce y el incremento desmedido de su consumo. Una forma frecuentemente utilizada para medir la disponibilidad de agua es el Índice de Humedad Climática (IHC) (*Willmott & Feddema, 1992*). Este representa una medida del balance entre la precipitación y la evaporación anual en función del clima. El IHC varía de +1 a -1, mostrando los climas húmedos valores positivos y los climas áridos valores negativos. En la figura 1.2 se muestran los resultados de la evaluación del IHC en el mundo, observándose que el 52% de la población total vive en regiones áridas o semiáridas.

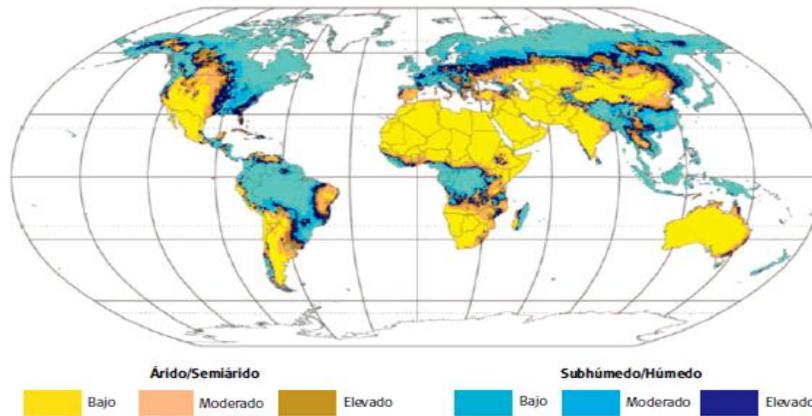


Fig. 1.2 Índice de humedad climática (IHC) en el mundo. Fuente: (*htt*)

En la figura 1.3 se exponen las tendencias estimadas de crecimiento de la población mundial en millones de habitantes, el uso total del agua y el uso por sectores en millones de km<sup>3</sup>.

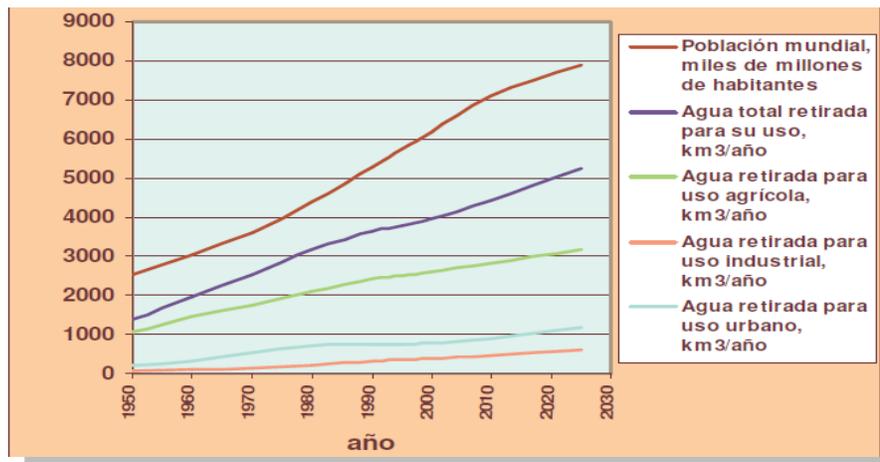


Fig. 1.3 Tendencias de crecimiento de la población y el consumo de agua por sector. Fuente: (*Parts Rico, 2009*).

Es evidente la tendencia marcada al incremento del consumo y al agravamiento de la situación, esperándose que la necesidad global anual de agua crezca en alrededor de 10-12% cada 10 años, alcanzando aproximadamente 5 240 km<sup>3</sup> en 2025.

En la Figura 1.4 se exponen los estimados de reducción de la disponibilidad de agua renovable por grupos de países. En los países desarrollados se debe alcanzar una estabilización en la disponibilidad en un valor alrededor del 50 % de la de 1950 a partir de las políticas para el uso racional de agua y de la implementación de tecnologías más eficientes. En los países en desarrollo la situación se agravará pudiendo llegar en 2025 a ser de entre un 10 y un 20 % la que tenían en 1950.

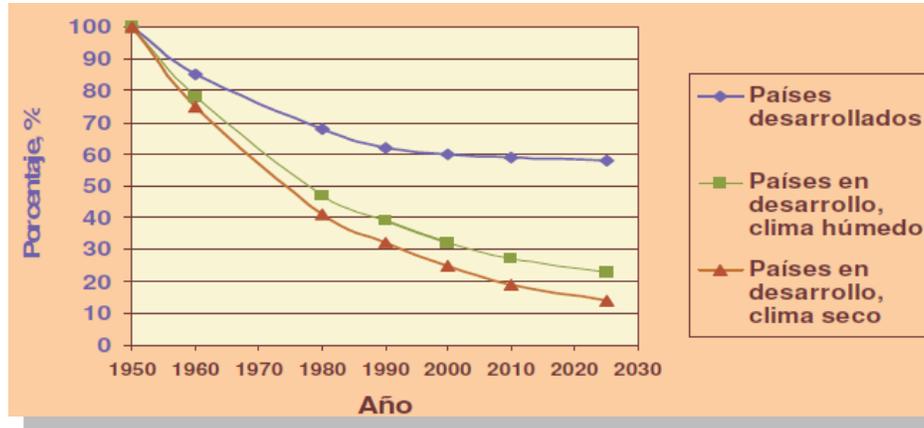


Fig. 1.4 Reducción de la disponibilidad de agua. Fuente: (Parts Rico, 2009)

Como consecuencia del crecimiento de la población, la disponibilidad media global por habitante disminuye rápidamente tal como se observa en la figura 1.5, donde se muestra la evolución de la población, del agua total renovable per cápita, y del agua renovable disponible.

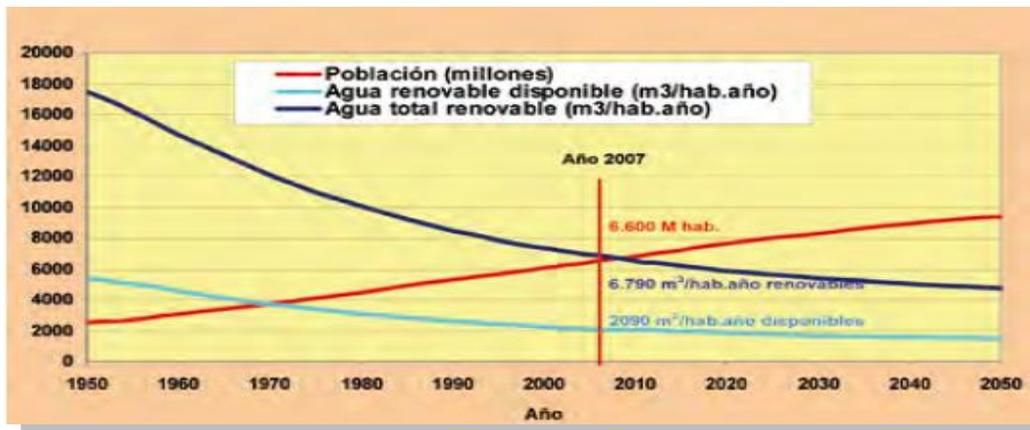


Fig. 1.5 Evolución del número de habitantes en el mundo y de la disponibilidad media de agua. Fuente: (Parts Rico, 2009)

Un índice adimensional muy significativo para calificar la situación de la problemática es la relación entre las necesidades reales de agua (considerando los índices de industrialización y desarrollo, tecnologías disponibles, etc.) y los recursos disponibles, medidos en las mismas unidades. Se denomina Índice de Estrés Hídrico Relativo (IEHR).

- Si  $RWSI > 0,4$  se dan condiciones de estrés.
- Si  $RWSI < 0,4$  se dan condiciones de poco estrés

En la figura 1.6 se expone la distribución por cuenca del análisis de este, en la que se indica el porcentaje de población por encima o por debajo del umbral de 0,4 de estrés hídrico relativo.

En 1995 cuando la población mundial era de 5.600 millones de habitantes, 2.300 millones (41%) vivían en cuencas con “estrés hídrico” (< 1.700 m<sup>3</sup> /hab. año), y de ellos, 1.700 millones en cuencas con < 1.000 m<sup>3</sup> / hab. año (problemas incluso con alimentación). Se estima que, en 2025, con 8.000 millones de habitantes, más de 3.500 millones vivirán en cuencas con estrés hídrico y de ellos, 2.400 millones en cuencas con alto estrés hídrico (Parts Rico, 2009).

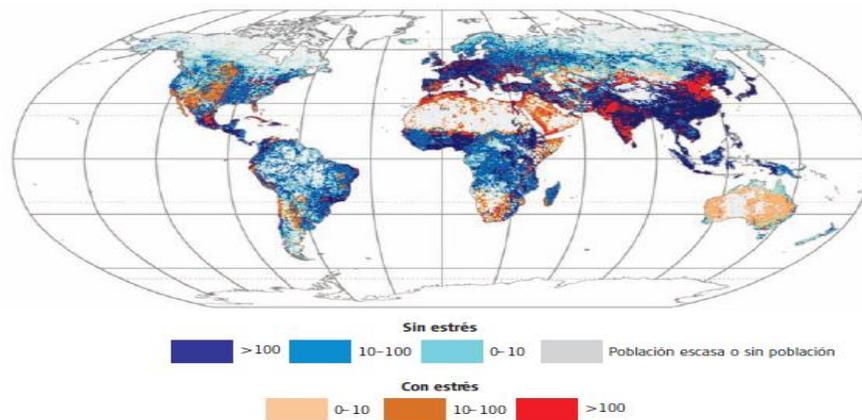


Fig. 1.6 Distribución del Índice de Estrés Hídrico Relativo. Fuente: (htt2)

## **1.2 Caracterización de la problemática del agua en Cuba**

La situación de los recursos hídricos en nuestro país es caracterizada con precisión por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en su contribución al Programa Nacional de Consumo y Producción Sostenible 2016–2021 (*Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), 2010*). Los recursos hídricos potenciales del archipiélago cubano se evalúan en un total de 38,1 km<sup>3</sup>. De estos, 6,4 km<sup>3</sup> corresponden a aguas subterráneas, y 31,7 km<sup>3</sup> a superficiales. Los recursos hidráulicos aprovechables se evalúan en alrededor de 24 km<sup>3</sup> anuales. De los cuales, el 75 % corresponde a las aguas superficiales y el 25 % a las subterráneas. Por su parte, los recursos hidráulicos disponibles ascienden a 13.68 km<sup>3</sup>. La infraestructura hidráulica existente permite poner a la disposición de las demandas económicas, sociales y ambientales, el 57 % de los recursos aprovechables.

En Cuba, los diferentes usos del agua no compiten entre sí pues existe un sistema de planificación anual y de control, que establece y vela porque se respeten las prioridades establecidas. En las que el abastecimiento a la población ocupa el primer lugar. El

principal instrumento para la administración del recurso lo constituye el Balance Anual de Uso del Agua. En la figura 1.7 se muestra el consumo de agua por sectores en Cuba. El consumo total del país se encuentra en el orden de los 5.600 hm<sup>3</sup> anuales.

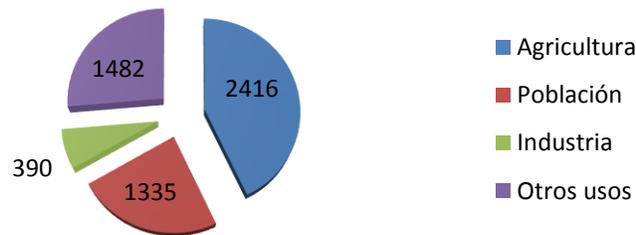


Fig. 1.7 Consumo de agua en Cuba por Sectores (hm<sup>3</sup>). Fuente: (CITMA, 2004)

Según la disponibilidad real del recurso a partir de la infraestructura hidráulica creada, la población del país, y tomando como referencia las precipitaciones anuales, la disponibilidad nacional alcanza los 1. 220 m<sup>3</sup>/hab. año para todos los usos. Este mismo indicador respecto a los recursos hídricos potenciales, es de 3.400 m<sup>3</sup>/hab. año, mientras que con relación a los recursos hídricos aprovechables es de 2.140 m<sup>3</sup>/hab\*año. Esta clasificación sitúa a Cuba entre los países de baja disponibilidad per cápita (entre 1000 y 5000 m<sup>3</sup>/hab\*año), para cualesquiera sean los recursos empleados en las evaluaciones del indicador (potenciales o aprovechables), dada la lámina media anual de 1.335mm.El III Informe Nacional de Cuba al Comité de Revisión Implementación de la Convención (CRIC) de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía, se exponen las acciones que realiza el país para paliar los daños de las sequias que cíclicamente lo afectan y se muestra la tendencia a la reducción de las precipitaciones, lo que hace cada vez más importantes todos los esfuerzos que se realicen para utilizar más racionalmente el agua en todos los sectores.

Cuba ha estado sometida en el último decenio a varios episodios de sequía. Aunque en los últimos años las lluvias han sido favorables. La ocurrencia de fenómenos meteorológicos, han traído como resultado el aumento de los acumulados de agua en el país; tanto superficiales como subterráneas. Siendo esta la situación hídrica del país; en los embalses se almacenan 7,92km<sup>3</sup> de agua para un 85% de la capacidad total, con una porción utilizable de 7,88km<sup>3</sup> para un 84% de la capacidad útil. El volumen de agua almacenado representa 4,61km<sup>3</sup> más que en junio del pasado año y una disminución de 0,83km<sup>3</sup> respecto a mayo de 2018. Además, se encuentra 2,32km<sup>3</sup> por encima del promedio histórico para la fecha. Existen 31 embalses con menos del 50 % de llenado útil y, de ellos, 10 por debajo del 25%, dentro de los cuales se encuentran seis secos. Se

presentan 83 embalses vertiendo. La Habana (33 %) y Mayabeque (49 %) son los territorios que se encuentra con llenado inferior al 50 % de su capacidad útil.

Por otro lado, la situación de los 101 acuíferos controlados, 99 se encuentran en la zona normal. Los restantes (C-I-16a “Cándido González” y C-I-16b “Haití”), asociados a la provincia de Camagüey se encuentran en la zona desfavorable, tendiendo uno al descenso y el otro al ascenso. De los 15 acuíferos de categoría I vinculadas al abasto de agua a las principales ciudades y polos turísticos del país, todos se encuentran en estado normal (cuatro descendiendo, siete estables y cuatro ascendiendo). (*Dirección Cuencas Hidrográficas, 2019*).

En la figura 1.8 se puede apreciar el comportamiento de las precipitaciones en el país en 2018.

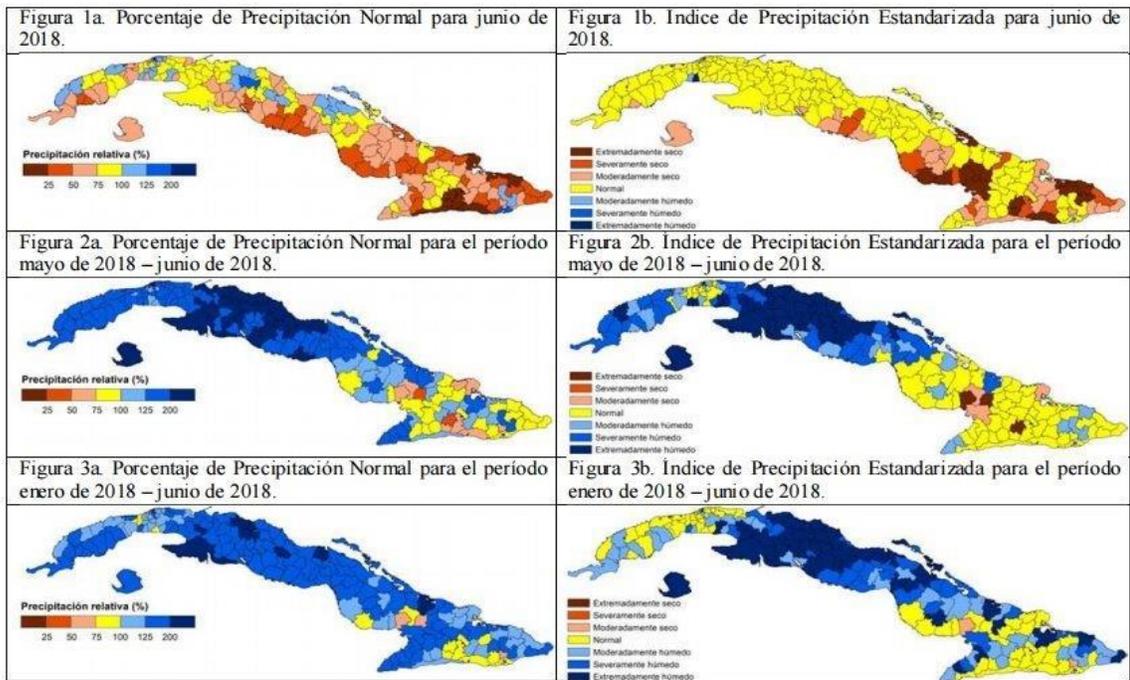


Fig. 1.8 Comportamiento de las precipitaciones en Cuba 2018. Fuente: (*Dirección Cuencas Hidrográficas, 2019*).

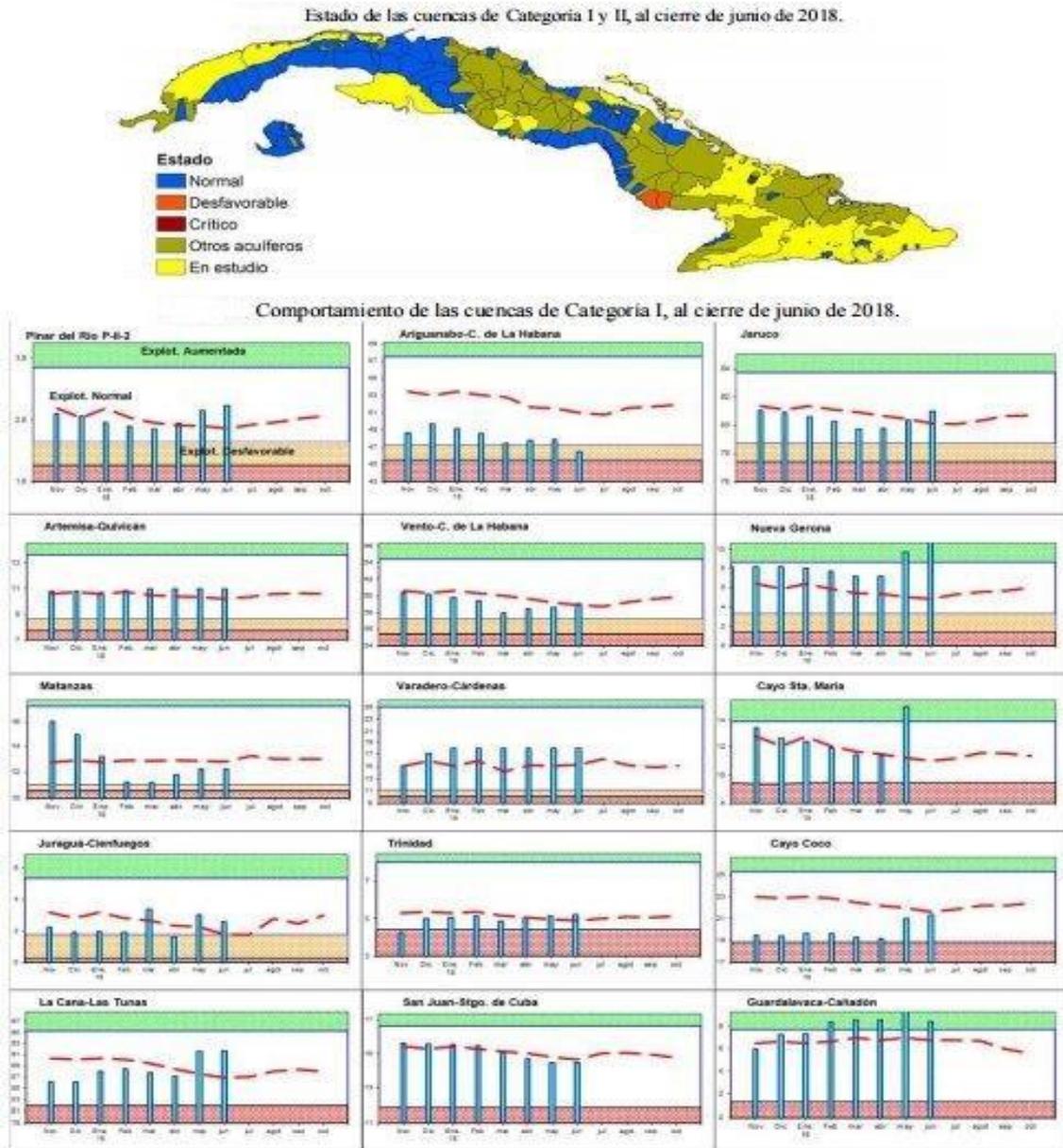


Fig. 1.9 Situación de las aguas subterráneas en Cuba 2018. Fuente: (Dirección Cuencas Hidrográficas, 2019)

**1.2.1 Principales problemas relacionados con el uso sostenible de los recursos hídricos en Cuba.**

El resumen ejecutivo del más reciente informe de evaluación del medio ambiente cubano, (Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, 2009), al considerar el estado del recurso agua señala: “Son considerables las pérdidas de agua en el proceso de

conducción y distribución debido al mal estado de las redes técnicas y al uso de tecnologías inadecuadas, fundamentalmente en el riego de los cultivos agrícolas. Debe incrementarse, por tanto, la eficiencia en el uso del agua y la cultura ambiental hídrica e hidráulica para mitigar los efectos de su carencia relativa, en un contexto climático complejo` (sequías prolongadas y huracanes). (*Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, 2009*)

El reabastecimiento de los recursos hídricos depende de varios factores entre los que se encuentran el nivel medio de las precipitaciones anuales, la evaporación y la variabilidad de la escorrentía, así como de los volúmenes de extracción. Se ha estimado que el volumen anual de lluvia para Cuba es de 149km<sup>3</sup> el cual aporta unos 30km<sup>3</sup> de agua, siendo la extracción anual de 7,0km<sup>3</sup>, representando el 23% de la misma, cerca de 625m<sup>3</sup>/hab/año. El volumen anual de extracción de agua equivale al 18,4%, 29,2% y 51,2% de los recursos hídricos totales, aprovechables y disponibles del país, respectivamente, lo que en cualquier circunstancia indica una situación de estrés hídrico para Cuba. Una importante dirección de trabajo es pues, para avanzar hacia la sostenibilidad de los recursos hídricos es la disminución radical y acelerada de las cuantiosas pérdidas de agua en las conductoras y redes de distribución y consumo, las que han sido estimadas en 800millones de m<sup>3</sup>\*año. La eliminación de las fugas y los salideros requiere de considerables inversiones por la extensión (más de 21mil km de redes) y el mal estado de los conductos en general. En tal sentido se han construido tres plantas para la producción de tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) para redes de acueducto y alcantarillado, y desde el año 2007 se iniciaron los planes de rehabilitación en las capitales provinciales y en diversos municipios del país.

Otra dirección en la que poco se ha avanzado es en el aprovechamiento de las aguas residuales. Una vez que el agua ha sido utilizada en un proceso dado, sea industrial, agrícola o doméstico, puede volver a emplearse luego del tratamiento requerido para sus fines específicos o restituirse de forma segura a los ríos o para recargar los acuíferos, aliviando su agotamiento. El fertirriego en los complejos agroindustriales azucareros, el riego de jardines y campos de golf en el turismo, la recirculación del agua en las torres de enfriamiento, son algunos de los incontables ejemplos que pueden citarse. La Naturaleza es un magnífico paradigma de un sistema de reciclaje del agua. (*Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2003*).

- La política del Estado Cubano en el uso racional del agua se expresa en la aprobación del (*Decreto-Ley 138/1993 De las Aguas Terrestres, 1993*), en el quereferente al uso racional de la guía se plantea los siguientes:
  1. Las organizaciones y comunidades deben realizar una gestión eficiente del agua a partir de los volúmenes aprobado para el consumo, evitando el desperdicio por salideros, filtraciones, uso indiscriminado en los procesos y servicios, por lo que es necesario controlar los indicadores de consumo para cada actividad a partir de las normas de consumo de agua para cada proceso, así como de los requisitos de uso.
  2. Promover el uso de tecnologías que sean bajas consumidoras del agua tanto en las nuevas inversiones como en los proyectos de mejora, teniendo en cuenta la reutilización de los residuales en el proceso o por otras organizaciones, o su tratamiento para el vertimiento en el lugar autorizado por el INRH.
- En el Proyecto de Lineamientos de la política económica y social (*Partido Comunista de Cuba (PCC), 2009*) se establece cuatro líneas de acción que serán el eje de la estrategia nacional en el uso racional del agua, a continuación, se exponen:
  1. 300. El balance de agua constituirá el instrumento de planificación mediante el cual se mida la eficiencia en el consumo estatal y privado, respecto a la disponibilidad del recurso.
  2. 301. Continuará desarrollándose el programa hidráulico con inversiones de largo alcance para enfrentar mucho más eficazmente los problemas de la sequía y del uso racional del agua en todo el país, elevando la proporción del área agrícola bajo riego.
  3. 302. Se priorizará y ampliará el programa de rehabilitación de redes, acueductos y alcantarillados hasta la vivienda, según lo planificado, con el objetivo de elevar la calidad del agua, disminuir las pérdidas, incrementar su reciclaje y reducir consecuentemente el consumo energético. Incluir la venta de herrajes y accesorios a la población.
  4. 303. En atención a propiciar una cultura para el uso racional del agua, estudiar el reordenamiento de las tarifas del servicio, incluyendo alcantarillado, con el objetivo de la disminución gradual del subsidio; así como reducir paulatinamente el derroche en su uso. Regular de manera obligatoria la medición del gasto y el cobro a los clientes estatales y privados.
- Así mismo la (*Ley 81 Ley del Medio Ambiente, 1997*) plantea lo siguiente:
  1. ARTÍCULO 92.- La gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos se realizará de acuerdo con las disposiciones siguientes:

- a) Es obligación de todas las personas naturales y jurídicas la protección y conservación de las aguas y de los ecosistemas acuáticos en condiciones que permitan atender de forma óptima a la diversidad de usos requeridos para satisfacer las necesidades humanas y mantener una equilibrada interrelación con los demás recursos naturales.
- b) La gestión de todos los recursos naturales contenidos en los ecosistemas acuáticos respetará su equilibrio y el de los ecosistemas con los que esté relacionado.
- c) Para asegurar un adecuado desarrollo del ciclo hidrológico y de los elementos que intervienen en él, se prestará especial atención a los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y capacidad de recarga de los acuíferos.

### **1.3 Fundamentos del uso eficiente del agua**

El uso eficiente del agua está muy relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos, forma parte integral de ellos, (*Baumann, Boland, & Sims, 1980*), lo definió como “el uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad”, el uso eficiente del recurso es de suma importancia para la conservación. Al mismo tiempo, la definición de la conservación sugiere que las medidas de eficiencia deben tener sentido social y económico, además de reducir el uso del vital líquido por unidad de actividad.

El ciclo del uso del agua en cualquier actividad se puede caracterizar mediante cinco Parámetros fundamentales (*Tate Donald, 1991*).

El uso bruto del agua (G): se refiere a la cantidad de agua total que se usa para llevar a cabo una actividad.

Influjo (I): cantidad de agua "nueva" que se toma para la operación bajo consideración.

Recirculación (U): cantidad de agua usada previamente en la actividad.

Descarga (D): cantidad de agua que se permite salir de la actividad o proceso.

Consumo: cantidad consumida durante el proceso.

Los cinco parámetros básicos del uso del agua pueden ser combinados para formar indicadores de la eficiencia en el uso del agua:

Tasa de consumo (TC): es un índice de la eficiencia del consumo. Mientras más baja sea esta tasa, más alta será la eficiencia de consumo de la planta. La tasa de consumo es algo más difícil de interpretar que la tasa de uso, a causa de problemas de medición. Dentro del contexto de una planta individual, el consumo de agua puede ser tomado como la cantidad de agua que entra al proceso de producción, que no regresa al punto de origen.

$$TC = (I - D) / I \quad (1)$$

Tasa de uso (TU): se relaciona con el grado de recirculación en operaciones industriales. Conforme asciende la recirculación, también aumenta la tasa de uso, por lo que es un buen indicador para la eficiencia en el consumo del agua.

Utilizando los símbolos definidos en el texto, el uso es igual a:

$$TU = (C / I) * 100 \% \quad (2)$$

### **1.3.1 Principios de la eficiencia del uso del agua**

1. La eficiencia en el uso del agua incluye cualquier medida que reduzca la cantidad por unidad, que se utilice en una actividad dada, y que sea consistente con el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua.
  2. El uso del agua en la mayoría de las actividades socio económicas puede variar ampliamente, dependiendo ello de la interacción de muchos factores.
  3. La atención prestada a la eficiencia del uso del agua es directamente proporcional a los precios cobrados por el servicio.
  4. El alza de precios conduce a un aumento en la atención a las características del uso del agua y, a largo plazo, a un uso más eficiente.
  5. Cuando los precios del agua reflejan todos los costos sociales del desarrollo de suministros, se crean incentivos para la utilización eficiente y racional del recurso, reflejando su valor en la producción o en sus varios otros usos.
  6. Las actitudes, los gustos y las preferencias del pueblo originan consideraciones de importancia para alcanzar un incremento en la eficiencia del uso del agua.
  7. La eficiencia en el uso del agua es en parte una respuesta a los derechos de propiedad que prevalecen en la sociedad.
  8. Cuando los recursos son evaluados correctamente en proporción a su contribución y su productividad, existe el incentivo, a través de las fuerzas de la oferta y demanda, para utilizar esos recursos eficientemente a través de la introducción de cambios tecnológicos.
  9. La calidad y cantidad del agua están estrechamente entrelazadas, de tal forma que las acciones dirigidas hacia el incremento de la eficiencia del uso del agua pueden tener un impacto sobre su calidad, y viceversa.
  10. Los pasos tomados para el mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua deben ser formalmente evaluados comparándolos con los múltiples criterios existentes.
- Los principios enunciados por Tate son resumidos por (Sanchez & Sanchez , 2004) como sigue:

1. La eficiencia en el uso del agua incluye cualquier medida que reduzca la cantidad por unidad.
  2. La cantidad de atención prestada a la eficiencia del uso del agua es directamente proporcional a los precios cobrados por el servicio. El alza de precios conduce a un aumento en la atención.
  3. La eficiencia en el uso del agua es en parte una respuesta a los derechos de propiedad que prevalecen en la sociedad.
  4. La calidad y cantidad del agua están estrechamente entrelazadas.
- El Global Water Partnership (*Global Water Partnership (GWP), 2001*) plantea los siguientes principios:
    1. El agua no debe obtenerse con fines de especulación o dejar que se desperdicie (realidad de uso).
    2. El fin de uso, debe reconocerse y ser socialmente aceptable.
    3. El agua no debe ser mal usada (eficiencia razonable).
    4. El uso debe ser razonable comparado con otros usos.
  - Por su parte (*Visscher, 1996*) y (*Sánchez , Smits, & Sánchez, 2003*) establecen tres principios de gran importancia práctica.
    1. El uso eficiente representa un recurso de agua en sí mismo.
    2. Hacer más con menos agua, poniendo en práctica conceptos de eficiencia: esto indica prevención de la contaminación y gestión racional del recurso.
    3. Conceptos integrados y procesos eficientes: están vinculados con los dos anteriores y relacionados a la prevención de la contaminación, recuperación y re-uso del recurso en ambientes urbanos y rurales.

Considerando los principios desarrollados, los programas de uso eficiente requieren un enfoque integrado, en el cual se considere un análisis multidimensional, orientándose hacia acciones que tiendan a reducir la cantidad de agua empleada en las diferentes actividades de los sistemas de agua (desde la micro cuenca hasta su descarga final en la naturaleza), en la perspectiva de su sostenibilidad. La definición de uso eficiente del agua implica toda actividad que esté relacionada con utilizar el recurso de una mejor manera, hacer más o lo mismo con menos cantidad y por eso frecuentemente esto es una “fuente de agua” por sí misma. Por lo tanto, se deben tomar medidas que permitan usar menos

agua en cualquier proceso o actividad para la conservación y el mejoramiento de los recursos hídricos (Sánchez , Smits, & Sánchez, 2003).

El uso eficiente del agua plantea desafíos como la necesidad del seguimiento continuo y la evaluación del desempeño en el tiempo. Medir es la clave en cualquier acción de uso eficiente del agua. Solo así se puede conocer la realidad y se pueden establecer modelos para predecir y planear mejor el futuro, mediante una visión integral.

El uso eficiente del agua trae consigo múltiples beneficios para los diferentes sectores usuarios del agua. Entre estos se destacan: ahorro de dinero por inversiones o por pago de consumo, ahorros en el desarrollo y construcción de nueva infraestructura y un mejor manejo de sequías y cortes de suministro (Dickinson , 2003).

La Figura 1.10 ilustra las acciones clave a desarrollar en materia de uso eficiente del agua en cada una de las etapas del ciclo antrópico del agua.

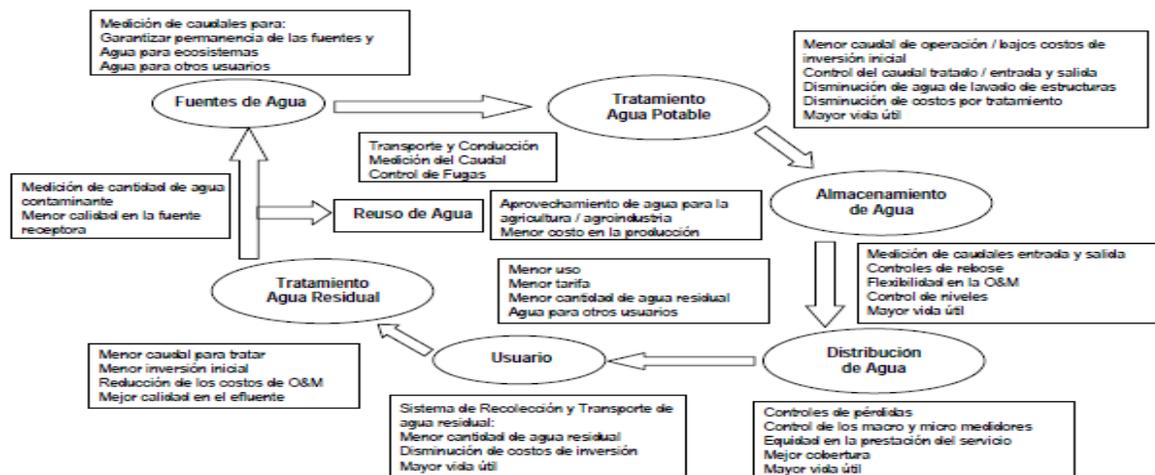


Figura 1.10. Uso eficiente del agua en el ciclo antrópico. Fuente: (Sanchez & Sanchez , 2004)

La introducción del principio **“quien contamina paga”** ha estimulado a la industria a mejorar el uso eficiente del agua. Las principales acciones de uso eficiente del agua son: la recirculación en procesos de producción y la reutilización y la reducción del consumo interno. El uso eficiente del agua en la industria contribuye a una producción más limpia. Con los datos se pueden determinar los consumos mensuales, estacionales y medios. La medición sirve para el control de equipos, accesorios, zonas de riego, baños etc. Es la forma de comparar y determinar si las medidas tomadas están siendo efectivas y eficientes. La medición puede aplicarse de tal manera, que se involucre a los trabajadores y usuarios, y sirva también para motivar el uso eficiente de agua. Los beneficios estimados en la industria son: ahorro en energía, optimización de procesos, menos agua

residual y, por lo tanto, menos necesidad de capacidad instalada en tratamiento y menor cantidad de agua facturada.

Una acertada definición sobre la gestión del agua es dada por *(Francisco Martín, Lopez Batista, & Monteagudo Llanes, 2006)* "La gestión del agua supone actuar sobre el manejo de los recursos hídricos, o sea los cursos de agua o la demanda y sobre las infraestructuras hídricas y recursos económicos y humanos disponibles. La correcta gestión debe incorporar elementos de equilibrio económico del servicio y elementos para poder mejorar continuamente, la calidad interna y externa de la organización".

Los autores la dividen en cuatro etapas: la gestión de provisión mayorista de las fuentes de abasto hacia los consumidores, la gestión de distribución del agua, la gestión del agua dentro de la organización o la comunidad donde se utiliza y la gestión de las aguas residuales producto de los procesos que en ellos se desarrollan. También definen el sistema de gestión del agua en una organización empresarial como "una parte de la gestión general de la organización que incluye la estructura organizativa, planificación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, revisar y mantener la política sobre el ahorro y uso del agua y forma parte de su sistema de gestión ambiental" y establecen sus objetivos como sigue:

La necesidad de tomar medidas para la conservación de este recurso tan importante para la vida.

El agua debe ser reciclada y reutilizada dentro de las propias producciones, y cuando finalmente deban ser dispuestas como un efluente no deben causar impacto negativo sobre el Medio Ambiente de acuerdo al cumplimiento de los aspectos legislativos vigentes.

Las aguas tanto residuales como para su uso en la industria y los servicios deben ser controladas desde los puntos de vistas de sus cantidades y de sus calidades.

Es necesario particularizar cada utilización del agua para decidir la calidad que se requiere y su volumen. El agua debe verse vinculada a los consumos de energía, ya que, de un aumento de su consumo, o un mal tratamiento o utilización de esta, es responsable de un aumento considerable de los gastos energéticos de las empresas, para lo que recomendamos las siguientes acciones:

- Identificar los puntos que signifiquen ahorros inmediatos con pequeñas inversiones.
- Localizar posibles ahorros de mayor cuantía que requieran inversiones y evaluar su rentabilidad.

- Crear una cultura y educación empresarial sobre la necesidad del uso racional del agua.
- Evitar su contaminación con residuales de diferentes tipos.

**1.4 Uso del agua en la fabricación de cemento**

Las fábricas cementeras son a veces grandes consumidores de agua, pero su proceso tecnológico no produce contaminación de esta. En las fábricas de cemento se necesitan unos 0,6m<sup>3</sup> de agua por tonelada de cemento para el enfriamiento de las máquinas. La mayor parte de esta agua se encuentra en circulación, por lo que sólo hay que reponer las pérdidas. En las instalaciones que trabajan con el método seco también se consume agua para el enfriamiento de los gases de escape de los hornos, pudiéndose calcular un consumo neto aproximado de 0,4 a 0,6m<sup>3</sup> de agua por tonelada de cemento.

En general se puede conseguir una reducción del consumo de agua aumentando la proporción de agua en circulación o manteniendo las pérdidas de agua al mínimo posible. El agua sanitaria acumulada requiere conducción y gestión especiales, debido a la contaminación producida por la incorporación de materias extrañas como microorganismos, nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas, que, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables y productos químicos (detergentes) que deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Tabla 1.1 Índices de Consumo de agua en la Fábrica de Cementos Cienfuegos S.A.  
Fuente: (Elaboración Propia).

Consumos de agua	Plan	Real	% cumplimiento
2017			
Total anual[m <sup>3</sup> ]	687112	687112	94.36
Consumo [m <sup>3</sup> /t clinker]	1.1	1.038	
2018			
Total anual[m <sup>3</sup> ]	642728	642728	74.44
Consumo [m <sup>3</sup> /ton clinker]	0.9	0.67	
Marzo 2019			
Total anual [m <sup>3</sup> ]	191197	191197	50
Consumo [m <sup>3</sup> /ton clinker]	0.6	0.3	

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro de, cómo entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de

su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua. La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), la demanda química de oxígeno (DQO), y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral. La concentración de materia orgánica se mide con los análisis  $DBO_5$  y DQO. La  $DBO_5$  es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar, el DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la  $DBO_5$  porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La  $DBO_5$  suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales. Los valores típicos para los residuos sólidos presentes en el agua y la  $DBO_5$  del agua residual doméstica aparecen en la tabla adjunta. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas, un 10% de grasas y el pH puede variar de 6,5 a 8,0.

La producción de cemento se realiza por dos vías húmeda y seca (usada en CCS.A) la primera con elevados consumos de agua para la preparación de las colas en la producción de clinker, enfriamiento de equipos y consumos domésticos (sanitarios, potable y comedores); la seca, pues no utiliza agua en la producción de Clinker, pero el

hecho de operar con materias primas intermedia (harina) con bajo contenido de humedad (<1%), existe una elevada probabilidad de grandes emisiones de polvo a la atmosfera, por lo que es necesario instalar sistemas de desempolvado de alta eficiencia para el tratamiento de los gases antes de ser liberados como emisiones industriales. Es común en estos tipos de empresa mantener sistemas de gestión para este recurso con el objetivo de minimizar las pérdidas, que en la generalidad está incluido en los sistemas de gestión de portadores energéticos como en el caso de CCS.A.

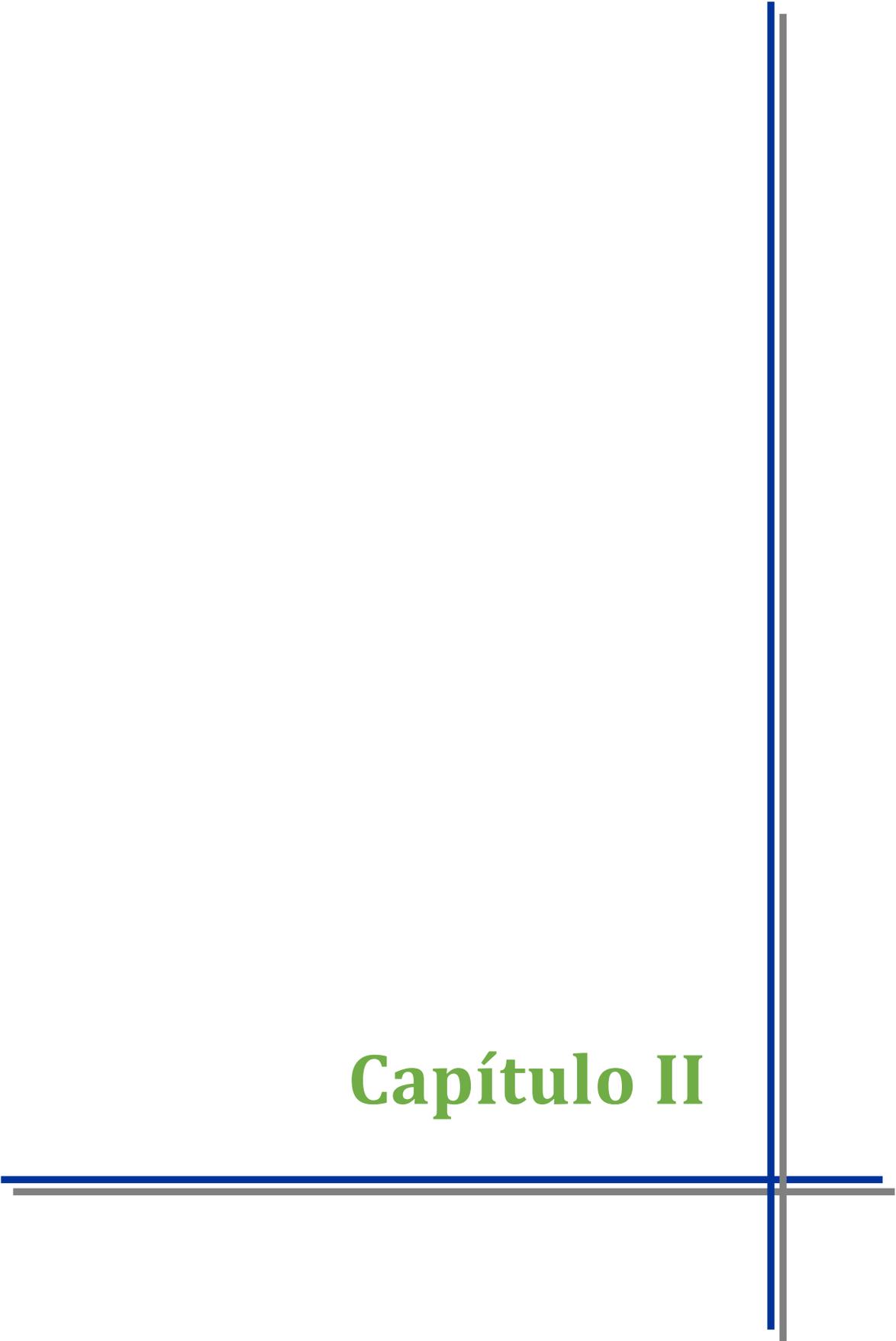
Los sistemas de desempolvado con mayor desarrollo en este tipo de industria son los electrofiltros donde se utiliza el efecto de ionización del polvo para su posterior separación electrostática y reincorporación nuevamente al ciclo. Pero la eficiencia de estos sistemas depende de la temperatura óptima de trabajo en la cámara de separación y la resistividad del polvo. Estos sistemas son diseñados de conjunto con torres estabilizadoras cuya función es disminuir la temperatura de la mezcla de gases y polvo provenientes de las instalaciones de piroproceso (Horno) y aumentar la resistividad del polvo utilizando rociadoras de agua. Este sistema constituye en sí el mayor punto de consumo de agua para este tipo de proceso, del cual no se puede prescindir. Los estándares internacionales para el consumo específico de agua en ambos tipos de procesos están en el orden de  $0.50 \div 0.55 \text{ m}^3/\text{ton}$  de clinker.

### **Conclusiones Parciales**

Para terminar el capítulo I se concluye de la siguiente manera:

1. El ahorro de agua y la búsqueda incesante de nuevas vías de extracción y reciclaje es una necesidad de primer orden en Cuba y el mundo.
2. Nuestro país se tiene que aventurar en la tarea de crear un sistema de reciclaje de agua.
3. En la fabricación de Cemento el agua no es un insumo de alto costo relativo, por lo que no es usual que las fábricas de cemento tengan estrategias particulares para ello.

# Capítulo II



**CAPITULO 2- Caracterización de la empresa, el proceso productivo. Consumo de agua en Cementos Cienfuegos S.A. (CCS.A)**

**2.1 Caracterización de la Empresa**

La Fábrica de Cementos se ubica en el Municipio Cienfuegos. El 8 de marzo de 1980 comienza la explotación del primero de los tres hornos, lo cual permitió un aumento considerable en la producción nacional de este renglón. La Fábrica de Cemento “Karl Marx”, fue inaugurada por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y el presidente de la República Democrática Alemana *Eric Honecker*. La tecnología de producción es de vía seca. La fábrica la conformaban tres líneas paralelas de producción con una capacidad instalada de 1.500.000ton/año de clinker (tres hornos rotatorios de 500.000ton/año de clinker). Después de 21 años de explotación, en el año 2001 se decide la constitución de la Empresa Mixta Cementos Cienfuegos S. A. En el año 2010 pasa a formar parte del Ministerio de la Construcción.

En la tabla 2.1, la cual se muestra a continuación se presenta el comportamiento productivo de la fábrica en 3 años.

Tabla 2.1 Comportamiento productivo de la fábrica. Fuente: (*Elaboración propia*).

<b>Años</b>	<b>Producción (ton/año)</b>	<b>% de Cumplimiento</b>
2016	570,163	103
2017	571,308	100
2018	630,746	92

Dentro de la reparación capital se le dio solución a los principales problemas ambientales que se presentaron durante su funcionamiento, particularmente a las emisiones de polvo y hoy es una empresa del territorio de buen desempeño ambiental. Esto lo demuestra en la obtención de los siguientes reconocimientos:

1. Administración responsable con el medio Ambiente (CITMA).
2. Certificación de la NC ISO :14001 del 2004.
3. Reconocimiento Territorial de la protección de la capa de Ozono, (Libres de CFC), (CITMA)
4. Reconocimiento Nacional de la protección de la capa de Ozono otorgado por la OTOZ (Oficina Técnica del Ozono).
5. Validación del proyecto de MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio), validado por UNCCC (Comisión de las Naciones Unidas para el Cambio Climático).

### **2.1.2 Ubicación extensión y límites.**

La instalación industrial, se encuentra muy cercana a asentamientos poblacionales tanto urbanos como rurales, entre los que se destacan:

Al Norte, viviendas rurales dispersas, cultivo de cañas y potreros, al Este, los asentamientos, Dolores, Codicia y Cumanayagua, al Sur, los asentamientos, Guaos, Pepito Tey y las instalaciones del Jardín Botánico, al Oeste, los asentamientos, Lagunillas, La Josefa y la ciudad de Cienfuegos, encontrándose ésta aproximadamente a 14 Km. de la fábrica. En la siguiente figura se puede observar un mapa satelital de la misma (Fig. 2.1).



Fig. 2.1 Mapa satelital de la fábrica de Cementos Cienfuegos SA. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

### **2.1.3 Hidrología**

La instalación se localiza en los límites de las cuencas subterráneas CF 6, Cienfuegos y CF 7, Cumanayagua, estas cuencas tienen una profundidad de yacencia de las aguas entre 5 a 10m, pudiendo oscilar hasta 2m con el ciclo hidrogeológico. En ambas cuencas existen reservas de agua subterránea.

En las áreas del molino del carbón y el secador los niveles de agua subterránea se mantienen estables a 3m a 4m respectivamente. Esto no interfiere con los niveles de cimentación. Con respecto a la Clasificadora los niveles de agua están 8.55m por lo que la cimentación del objeto no está influida por las aguas subterráneas. Fuente: (ENIA, 2002).

Sobre áreas de la cuenca hidrográfica Caonao, se encuentra la mayor cantidad de instalaciones de producción y apoyo a la producción de la fábrica, constituyendo esta

cuenca la de mayor incidencia ambiental negativa, sobre el medio natural y el medio social, provocadas por la elaboración del cemento, aunque es necesario señalar, que también se notan afectaciones en áreas muy cercanas a la fábrica y que se localizan sobre la cuenca del río Arimao.

**2.1.4 Estructura organizativa y cantidad de trabajadores**

Misión: Nuestro propósito es ser una empresa productora de clinker y cemento para el desarrollo de las personas, la empresa y la sociedad.

Visión: Somos líderes en la fabricación de cemento y una de las mejores empresas industriales de Cuba con índices de seguridad industrial, medio ambiente, calidad, eficiencia, productividad y rentabilidad a nivel internacional; con una gestión de excelencia y un equipo de trabajo comprometido con la satisfacción de nuestro personal, proveedores, clientes, accionistas y el entorno.

Política: Producimos y comercializamos clinker y cemento para el servicio de nuestros clientes, priorizando nuestro capital humano, conservando el medio ambiente, mejorando continuamente nuestros procesos y creando valor para las partes interesadas.

En la siguiente tabla 2.2 se muestra la composición de la fuerza de trabajo de CCS.A.

Tabla 2.2 Composición de la fuerza de trabajo de CCS.A. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2018)

<b>Categoría Ocupacional</b>	<b>Total</b>
Obreros	150
Técnicos	51
Servicio	5
Dirigentes	34
Administrativos	4
<b>Total</b>	<b>244</b>

La estructura organizativa de esta entidad es diferente a las empresas del territorio aplicando el principio de especialización, concentrando todo su capital solamente en la producción de cemento y/o clinker, todos los demás servicios son a través de contratistas. (Ver Anexo#1 diagrama SIPOC de CCSA)

En la figura 2.2 se observan los procesos estratégicos, claves y de apoyo que conforman la estructura de la fábrica, a través de un mapa de procesos.

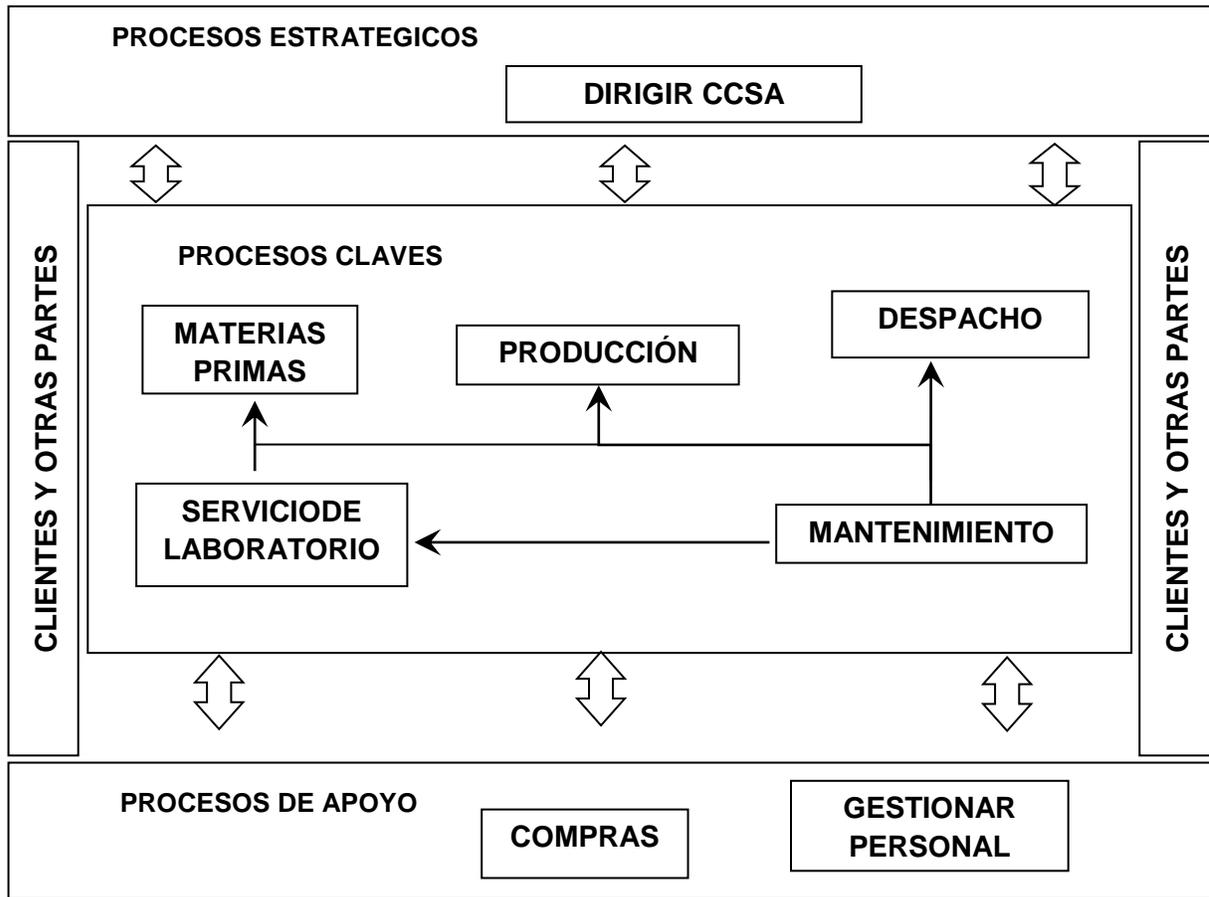


Fig. 2.2 Mapa de procesos de la empresa Cementos Cienfuegos S.A. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2018).

### **2.2 Descripción del proceso productivo.**

Para la producción de cemento Portland se requiere del empleo de las materias primas fundamentales (caliza, marga y arcilla o correctores), que dan origen al clinker y el uso posterior de aditivos (yeso y puzolana, toba), las cuales al molturarse con éste dan como resultado el producto final, cemento.

La caliza y la marga son los materiales que se utilizan en mayor cantidad y contienen un alto porcentaje de Carbonato de Calcio, además Oxido de Alúmina, Sílice, etc. Así mismo poseen productos alcalinos como el potasio y el sodio. Para producir el cemento se necesita una composición química que los elementos de la marga y la caliza, por sí solas no poseen en la cuantía porcentual exigida, lo cual obliga a tener que introducir una materia prima adicional, la arcilla; la cual incorpora la alúmina, la sílice y el Oxido Férrico

deficitarios en los primeros para el completamiento de dicha composición. Antes del proceso productivo estas materias primas reciben los siguientes tratamientos:

- La caliza es extraída por explosivos, transportada, triturada y almacenada.
- La marga también es extraída a voladura con el empleo de explosivos, posteriormente es transportada, triturada, secada, almacenada y finalmente dosificada.
- Los correctores se extraen con Buldozer (generalmente) y transportados a la fábrica siguiendo el mismo curso que la marga.

Una vez establecidas las proporciones, los tres materiales son dosificados donde además de pulverizarse son sometidos a un proceso de secado a fin de eliminar la humedad residual.

Combinados en unas determinadas proporciones, los Óxidos de Calcio, silicio, aluminio y hierro son llevados a un horno rotatorio, en el cual avanza en contracorriente con los gases producidos por la combustión de carbón, petcoke o combinación de ambos, y crudo cubano.

El calor suministrado por los gases de combustión provoca la descarbonatación del Carbonato de Calcio, que así se descompone en  $\text{CaO}$  y  $\text{CO}_2$ , la pérdida de agua de constitución de la arcilla que proporciona la alúmina y sílice, la fundición de óxidos de hierro y la elevación de temperaturas hasta los  $1.700^\circ\text{C}$  aproximadamente. Alcanzadas estas condiciones los óxidos se combinan en distintas formas entre sí, con lo cual se obtiene el clinker, como producto fundamental a la salida del horno.

Al final del proceso, el clinker producido en el horno se muele y mezcla, normalmente en molinos de bola, junto con yeso para formar el cemento. También es usual agregar otros componentes a la mezcla, tales como puzolana, toba, consideradas como adiciones activas, o calizas. En el **Anexo#2** se presenta un diagrama de flujo OTIDA con el proceso de producción de la empresa CCS.A.

### **2.2.1 Preparación de las materias primas**

La caliza, marga, la toba y el perdigón son transportados por camiones desde las canteras actuales hasta el secador ubicado en la nueva instalación. Una vez seca la materia prima fina, se incorporan por medio de las bandas transportadoras existentes hacia el actual almacén de materia prima (figura 2.3). Dentro del nuevo concepto de operación, todos los materiales (caliza, caliza margosa, marga y perdigón) deberán ser secados y triturados en el área de la trituradora primaria existente, en operaciones intermitentes. Una criba de alta eficiencia se encuentra instalada antes de la tolva de alimentación de la trituradora

primaria para separar los finos (granulometría menor que 75mm), que serán alimentados directamente al secador rotatorio ubicado en esta área.



Fig. 2.3. Bandas Transportadoras. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

Las materias primas trituradas, son conducidas por bandas transportadoras hasta los seis silos de caliza (2 por línea). En el caso de la marga, el perdigón y feldespató, son transportados inicialmente hasta la fábrica por medio de camiones y conducidos a la nave para materiales secos por medio de la banda transportadora de 500T/h. Una vez dispuestos en la nave de materia prima seca, la marga y el hierro son transportados por transportadores de bandas hacia las tolvas de almacenaje intermedio para la dosificación de crudo.

El desempolvado en el área de trituración se realiza mediante 2 separadores ciclónicos, a la salida del secador se encuentra instalado el filtro de mangas (casa de bolsas) y en cada torre de transferencia de las bandas transportadoras hasta la fábrica se instalaron filtros de mangas con niveles de emisión máxima de 2 mg/m<sup>3</sup>N de polvo. (Fig. 2.4).



Fig. 2.4. Área de Preparación de las Materias Primas. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

Equipos fundamentales:

- Criba de alta eficiencia de 500t/h.
- Trituradora de martillos de doble rotor. Dimensiones:2000 x 2000mm, Capacidad: 600 /h.
- Desempolvado: Batería de 2 ciclones en paralelo. Filtros de margas.
  - Nivel de emisión de polvo de los ciclones: 20mg/m<sup>3</sup>N.
  - Flujo de aire para casa de bolsa del secador: 371.000m<sup>3</sup>/h.
  - Nivel de emisión de polvo: 50mg/m<sup>3</sup>N.
- Secador de tambor rotatorio. Dimensiones: Diámetro: 5m. Longitud: 34m.
- Capacidad: Perdigón: 25T/h, Marga: 300T/h.

**2.2.2 Uso del agua en la etapa de la preparación de las Materias Primas**

En la Figura 2.5 se puede apreciar el diagrama del flujo de materiales en el proceso de preparación de las Materias Primas. El enfriamiento de los equipos se realiza mediante un circuito cerrado de aceite con enfriamiento por circulación natural de aire.

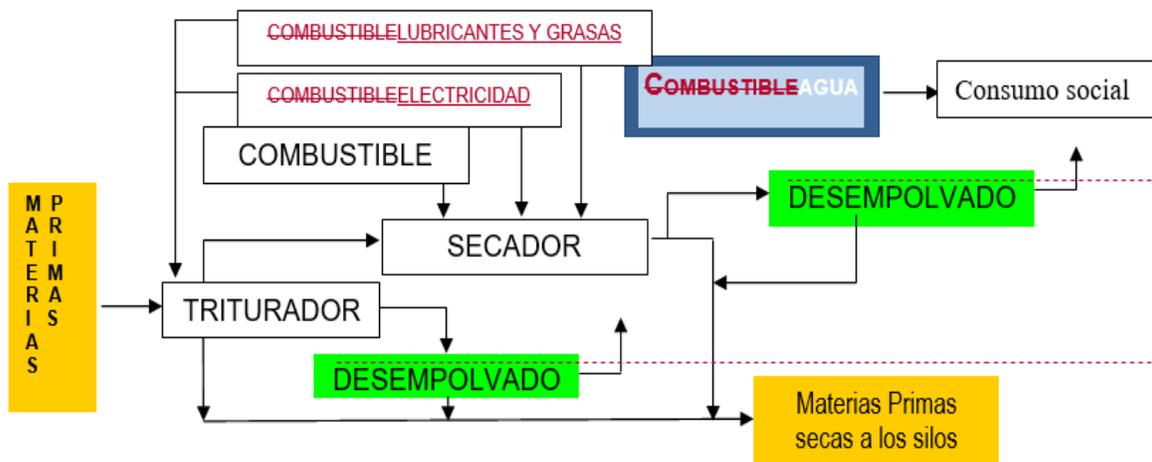


Fig.2.5. Balance de flujo de materiales en el proceso. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

Como podemos apreciar en la figura anterior, el proceso de preparación de materias primas no utiliza agua. En el área se encuentra enclavado un comedor para los doce trabajadores que operan la instalación, que cuenta además con dos instalaciones sanitarias, dos bebederos, que entre todos consumen un total promedio de 9.000Litros de agua semanales; hay que aclarar que el agua potable es suministrada directamente a través de pipas. Los residuales líquidos del área son tratados mediante dos fosas sépticas y una trampa de hidrocarburos, estos residuales no se conectan a la red centralizada que descarga a las lagunas de oxidación.

Las mediciones de los parámetros del agua a la descarga de dichos sistemas se realizan según programa de monitoreo con una frecuencia anual.

**2.2.3 Uso del agua en el área de dosificación y molienda de Crudo**

Dosificación y molienda de crudo

La caliza dispuesta en silos, la marga, el perdigón y la zeolita, son dosificadas y conducidos juntos hasta la estación de molienda de crudo, donde pasan por un triturador secador de impacto, el grueso pasa al molino de bolas y el polvo de arrastre para al separador, y el fino pasa a la batería de ciclones, la materia separado pasa a un sinfín recuperador y el aire pasa a la torre estabilizadora donde se enfría y se envía al electrofiltro. El material separado se envía a los silos de almacenaje para su homogenización.

En los molinos se consume agua en el enfriamiento de las chumaceras y en los reductores de los molinos. En las figuras 2.6 y 2.7 se aprecian estas instalaciones.



Fig.2.6. Chumacera del Molino de Crudo. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

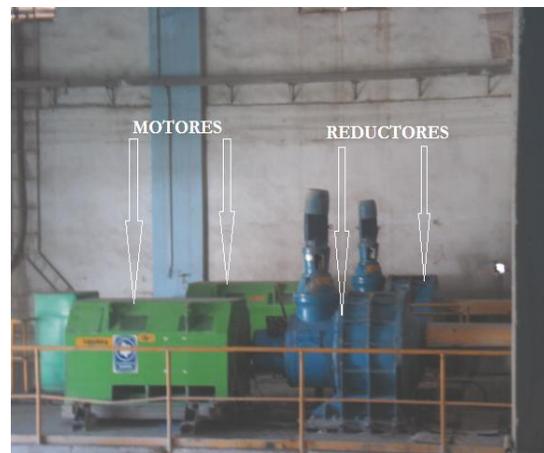


Fig. 2.7 Motores y Reductores de los Molinos de Crudo. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

La instalación de Molienda cuenta con tres molinos de bolas similares y cada uno consume 30m<sup>3</sup> de agua por hora de trabajo. Por lo que el consumo total es de 90m<sup>3</sup>.

**2.3 Uso del agua en el área de Piroproceso.**

De los silos de almacenaje, la harina homogeneizada es conducida al precalentador, y luego al horno rotatorio donde se transforma en clinker. Posteriormente a través de un transportador de cangilones es enviado a silos de almacenamiento. La Figura 2.8 muestra el consumo de agua en el proceso.

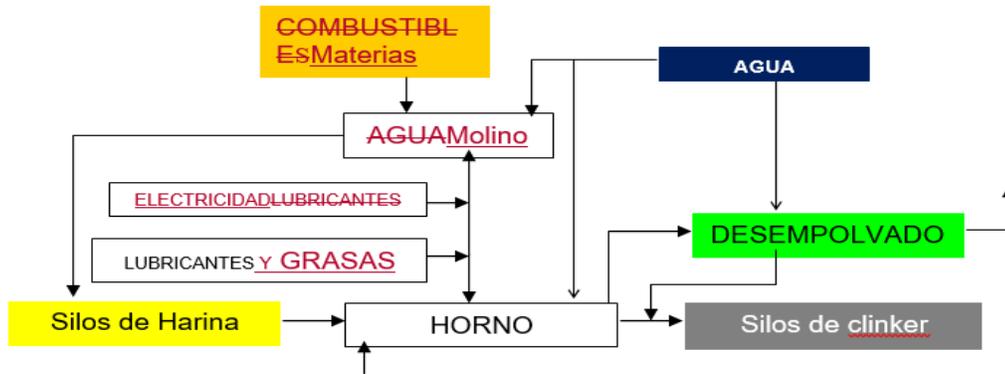


Fig. 2.8 Consumo de agua en Piroproceso. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

El consumo de agua en este proceso se realiza para el enfriamiento (circuito cerrado) de equipamiento. Como se muestra en las figuras 2.9 y 2.10.



Fig.2.9. Sistema de enfriamiento del Molino de Petcoke. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)



Fig. 2.10. Sistema de enfriamiento de los rolos del Horno. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

Las mayores pérdidas de agua en este sistema se producen en las torres estabilizadoras de los electrofiltros, por evaporación directa y su posterior expulsión a la atmósfera. La figura 2.11 muestra una de las torres estabilizadoras del horno y los electrofiltros.



Fig. 2.11 Electrofiltro y Torre Estabilizadora. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

El consumo en las torres está caracterizado como el mayor consumidor de agua utilizada para enfriamiento (95% del consumo total) y esta relación de consumo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla.2.3 Balance de agua de las instalaciones incluyendo entradas y salidas en cada punto del proceso o actividad. Fuente: (*Elaboración Propia*).

Sistema Tecnológico	Balance de agua [m <sup>3</sup> /h]	
	entrada	salida
Molinos de Cemento		
561-MB1	30.5	30.5
562-MB1	30.5	30.5
<i>Enfriamiento de chumaceras y reductores de los molinos</i>		
Molinos de crudo		
362-MB1	30	30
363-MB3	30	30
<i>Enfriamiento de chumaceras y reductores de los molinos</i>		
Hornos		
Horno Línea III	21.3	21.3
<i>Enfriamiento de los rolos del horno (12 u)</i>		
Molino de carbón		
Sistema de lubricación	50.8	50.8
<i>Enfriamiento del aceite de los sistemas de lubricación</i>		
Torres acondicionadoras		
422-TA1	16.9	
423-TA1	16.9	
<i>Enfriamiento de los gases antes del electrofiltros Mejorar las características dieléctricas de la mezcla de gases y polvo antes de los electrofiltros.</i>		
Sistema de aire comprimido		
Enfriamiento de chumaceras de sopladores y compresores	341.5	341.5
Agua para sanitarios, limpieza		
Agua no industrial	3.5	3.5

En el caso del patio de carbón el agua se utiliza además para el rociado de las pilas de combustibles durante el verano, con el objetivo de excluir la emisión de polvo de combustible durante su manejo y disminuir la temperatura del mismo por debajo de los 70°C; como se muestra en la siguiente figura 2.12.



Fig.2.12 Rociado de las pilas. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010)

A todo esto debemos agregar que a este proceso están conectados otros consumidores no tecnológicos como, sanitarios, cocina-comedor, patio de carbón, jardinería, empresas del emplazamiento, caserío cercano a la fábrica, taller automotriz de la transportista.

Todos estos sistemas cuentan con sistemas de tratamiento de residuales (fosas sépticas) conectados al sistema de alcantarillado que vierte a la laguna de oxidación.

### Producción de Cemento

Desde los silos de clinker las desensiladora (con sistema de desempolvado) van extrayéndolo a una banda transportadora donde se dosifica junto a los aditivos (yeso y puzolana) para ser enviados a los molinos de cemento. Posteriormente se almacenan en silos de Cemento Portland. Este luego es despachado a granel o en bolsas para medios de transporte automotor o por ferrocarril. Para el llenado de bolsas se cuenta con 3 máquinas ensacadoras. La siguiente tabla 2.4 muestra el consumo de agua en el proceso de molienda de cemento.

Tabla 2.4. Balance de agua de las instalaciones incluyendo entradas y salidas en cada punto del proceso o actividad. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2018)

Sistema Tecnológico	Balance de agua [m <sup>3</sup> /h]	
	entrada	salida
Molinos de Cemento		

561-MB1	30.5	30.5
562-MB1	30.5	30.5
Enfriamiento de chumacera y reductores de los molinos		

**2.4 Análisis de las metodologías para realizar estudios el de factibilidad**

Existen diferentes tipos de inversiones que dan lugar a diferentes formas de clasificación. Las más comunes son las clasificaciones que se realizan según la materialización de la inversión y según su motivación.

Conceptos Básicos

Activos: "Bienes y derechos de propiedad de la empresa. Representan recursos económicos que se espera beneficien actividades futuras". ( *García Valladolid, 2013*).

Apalancamiento operativo: "Utilización de los costos fijos operativos con miras a incrementar la utilidad de operación" ( *García Valladolid, 2013*)

Balance general: "Estado que muestra la situación financiera de una empresa en un instante de tiempo".

Costo de oportunidad: "Tasa de rendimiento de la mejor alternativa de inversión disponible. Es lo que se dejaría de ganar por no invertir en un proyecto de riesgo similar".

Costos y beneficios intangibles: "Los beneficios y costos no cuantificables de una solución o un sistema propuestos".

Costos y beneficios tangibles: "Los costos y beneficios cuantificables de una solución o un sistema propuesto". ( *García Valladolid, 2013*)

Decisión de financiamiento: "Determinar qué tipos de fuentes de capital se deben utilizar en el financiamiento de una empresa o proyectos de inversión en particular".

Decisión de inversión: "Proceso de análisis, selección y asignación de recursos de capital entre los diferentes activos empresariales, de acuerdo con objetivos de rentabilidad y liquidez".

Evaluación de proyectos: "Estudio financiero que permite determinar la bondad económica de una propuesta de inversión. Implica calcular la rentabilidad de la propuesta y comparar el resultado con la tasa mínima de rendimiento".

Eficacia: "Consecución de objetivos; logro de los efectos deseados".

Eficiencia: "Logro de los fines con la menor cantidad de recursos; el logro de los objetivos al menor costo u otras consecuencias no deseadas".

Estado de ingresos y egresos: "Estado Financiero que muestra los ingresos y los gastos, así como la utilidad o pérdida resultante de las operaciones de una empresa durante un

período de tiempo determinado, generalmente un año. También se le conoce con los nombres de Pérdidas y Ganancias, Rentas y Gastos o Estado de Resultados".

Inversionista: es la persona que, a través de la más eficaz combinación de tierra, trabajo y capital, es decir, a través de la introducción de innovaciones, logra para la empresa mejores niveles de productividad y, en consecuencia, contribuye a un aumento de la riqueza; su precio es el beneficio.

Factibilidad económica: El hecho de que los ahorros esperados en los costos, el incremento, el incremento en los ingresos, el incremento en las utilidades y las reducciones en la inversión requerida superen los costos de desarrollar y operar un sistema propuesto".

Flujo de caja: "Estado Financiero que muestra las entradas y salidas de efectivo durante un período determinado. Cuando se proyecta en el futuro se le conoce como Presupuesto de Caja o Presupuesto de Efectivo. Dentro del proceso de evaluación de proyectos se utiliza una aproximación, sumando a las utilidades operativas después de impuestos aquellos rubros que no constituyen desembolsos de caja, como las depreciaciones y amortizaciones de diferidos".

Flujo de fondos: "Estado financiero que muestra la forma como la empresa obtuvo los fondos y la manera como los utilizó o invirtió. También se le conoce como Estado de Origen y Uso de Recursos o Flujo de Fondos".

Interés efectivo: "Interés correspondiente a un período cuando dicho interés se ha capitalizado o reinvertido por subperíodos (por ejemplo, un 36% anual en un trimestre)".

Interés nominal: "El correspondiente a un período determinado sin que haya habido capitalización o reinversión de intereses por subperíodos (por ejemplo, un 36% anual en un año).

Liquidez: "Capacidad que tiene una empresa de cumplir con sus obligaciones de corto plazo. Para un activo individual, es la facilidad con la que dicho activo puede venderse a un precio razonable".

Rentabilidad: "Tasa de rendimiento sobre una inversión".

Riesgo financiero: "Incertidumbre en la capacidad de pago del servicio de la deuda (intereses y amortizaciones del préstamo), lo que incide en los retornos futuros para los propietarios".

Riesgo operativo: "Incertidumbre en los ingresos y gastos operativos esperados".

Tasa Interna de Rendimiento (TIR): "Tasa de descuento que hace el valor presente neto (VPN) de un proyecto igual a cero.

Utilidad bruta: diferencia entre las ventas y el costo del producto vendido".

Utilidad neta: “Utilidad que queda al propietario luego de deducir todos los costos y gastos incluyendo los impuestos”.

Utilidad operativa: “Se refiere a la utilidad generada por las actividades propias del giro normal del negocio. Se calcula restando a la utilidad bruta los gastos de operación (administración y ventas)”.

Valor Presente Neto: “Utilidad neta de un proyecto en términos equivalentes, que resulta de la diferencia entre los ingresos y los egresos de caja traídos a valor presente, utilizando como tasa de descuento el costo de capital”.

Horizonte de vida útil del proyecto: Es el período en el que se van a enmarcar los flujos netos de caja.

Horizonte de evaluación: El cual depende de las características de cada proyecto; si el mismo tiene una vida útil posible de prever, si no es de larga duración; lo más conveniente resulta construir flujos de caja para ese número de años. En el caso que la empresa que se crearía con el proyecto tiene objetivos de permanencia en el tiempo; se aplica la convención generalmente usada; los flujos a diez años de proyección.

Tasa de descuento: El segundo método parte de la base de que los valores contables no reflejan el verdadero valor que podrán tener los activos al término de su vida útil. Por tal motivo, plantea que el valor de desecho de la empresa corresponderá a la suma de los valores comerciales que serían posibles de esperar, corrigiéndolos por su efecto tributario.

Ingresos y egresos terminales del proyecto: ocurren en el último año de vida útil considerado para el proyecto. Puede incluir recuperación del valor del Capital de Trabajo Neto, el valor de desecho o de salvamento del proyecto.

Al evaluar una inversión, normalmente la proyección se hace para un período de tiempo inferior a la vida útil real del proyecto, por lo cual al término del período de evaluación es necesario estimar el valor que podría tener el activo en ese momento por algunos de los tres métodos reconocidos para este fin; con vistas a determinar, los beneficios futuros que podría generar desde el término del período de evaluación, en lo adelante.

El primer método es el contable, que calcula el valor de desecho como la suma de los valores contables (o valores en libro) de los activos. El valor contable corresponde al valor que a esa fecha no se ha depreciado un activo y se calcula: (Heredia , 1995).

$$VD = \sum_{j=1}^n I_j - \left[ \frac{I_j}{n_j} * d_j \right] \quad (1)$$

Donde:

VD = Valor de desecho del proyecto

$I_j$  = Inversión en el activo  $j$

$n_j$  = Número de períodos a depreciar el activo  $j$

$d_j$  = Número de períodos ya depreciados del activo  $j$  al momento de hacer el cálculo

El segundo método parte de la base de que los valores contables no reflejan el verdadero valor que podrán tener los activos al término de su vida útil. Por tal motivo, plantea que el valor de desecho de la empresa corresponderá a la suma de los valores comerciales que serían posibles de esperar, corrigiéndolos por su efecto tributario.

El tercer método es el denominado económico, donde se supone que el proyecto valdrá lo que es capaz de generar desde el momento en que se evalúa hacia adelante. Dicho de otra forma, puede estimarse el valor que un comprador cualquiera estaría dispuesto a pagar por el negocio en el momento de su valoración.

La determinación del flujo de caja puede basarse en una estructura general que se aplica a cualquier finalidad del estudio de proyectos.

Para un proyecto que busca medir la rentabilidad de la inversión y la financiación, el ordenamiento propuesto es el que se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Perfil de Flujo de Caja de un Proyecto. Fuente: (Gil Martínez, 2001)

+ Ingresos afectados por impuestos
- Egresos afectados por impuestos
- Gastos no desembolsables
<b>= Utilidad antes de intereses e impuestos</b>
- Intereses
<b>= Utilidad antes de impuestos</b>
- Impuestos
<b>= Utilidad después de impuestos</b>
+ Ajustes por gastos no desembolsables
- Egresos no afectados por impuestos
+ Beneficios no afectados por impuestos
<b>= Flujo de Caja</b>

El resultado de la evaluación se mide a través de distintos criterios que, más que optativos, son complementarios entre sí. Los criterios que se aplican con mayor frecuencia son: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Período de recuperación de la inversión (PR) y la razón Beneficio / Costo (BC).

El Valor Actual Neto (VAN) de una inversión se define como el valor actualizado de la corriente de los flujos de caja que la misma promete generar a lo largo de su vida, véase el segmento esquema temporal en la figura 2.13.

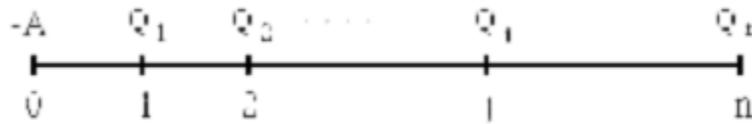


Figura 2.13. Segmento Esquema Temporal. Fuente: ( *García Valladolid, 2013*)

El Valor Actual (VA) consiste en actualizar todos los flujos de caja ( $Q_i$ ) para lo que se utiliza un tipo de descuento del  $k$  por uno, que es el costo de oportunidad del capital empleado en el proyecto de inversión. Una vez actualizados los flujos de caja se deduce el valor del desembolso inicial ( $A$ ) de ahí el nombre de Valor Actual Neto. La expresión general del cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i} \quad (2)$$

Según este criterio una inversión es factible cuando el  $VAN > 0$ , es decir, cuando la suma de todos los flujos de caja valorados en el año 0 supera la cuantía del desembolso inicial (si éste último se extendiera a lo largo de varios períodos habrá que calcular también su valor actual). Si aplicamos este criterio en el análisis de diferentes inversiones alternativas; entonces son preferibles aquellas cuyo VAN sea más elevado, porque serán los proyectos que mayor riqueza proporcionen a los inversionistas de capital y, por tanto, que mayor valor aportan a la empresa. En el supuesto que un proyecto tiene un VAN igual a cero, ello querrá decir que el proyecto genera los suficientes flujos de caja como para pagar: los intereses de la financiación ajena empleada, los rendimientos esperados (dividendos y ganancias de capital) de la financiación propia, y devolver el desembolso inicial de la inversión. Por tanto, un VAN positivo implica que el proyecto de inversión produce un rendimiento superior al mínimo requerido y ese exceso irá a parar a los apostadores de la empresa, quienes verán el crecimiento del capital exactamente en dicha cantidad. Es esta relación directa entre la riqueza de los accionistas y la definición del VAN quien hace que este criterio sea tan importante a la hora de valorar un proyecto de inversión.

Una inversión es deseable si crea valor para quién la realiza. El valor actual neto es la expresión monetaria del valor que se crea hoy por la realización de una inversión, es la rentabilidad de la inversión, la variación de la riqueza o valor del proyecto respecto a otras alternativas posibles representadas por el Costo Marginal del Capital. Dicho de otro modo, puede considerarse como el ahorro sobre la inversión, el valor actual del excedente que la empresa obtiene por encima del que lograría mediante la inversión alternativa representada por "i". Al utilizar esta herramienta es necesario actualizar hasta su valor presente los flujos netos de caja esperados durante cada uno de los períodos de la vida útil del proyecto, descontándolos al costo marginal de capital y, posteriormente, sustraerle el costo de la inversión inicial. El resultado será el valor presente neto o valor actual neto. Si el mismo es positivo el proyecto será aceptado; si es negativo será rechazado si se tratara de dos proyectos mutuamente excluyentes se implementará el de valor actual neto mayor. En el caso de que, por la aplicación de este criterio, el resultado sea cero, resultará igual la decisión de aceptar o no el proyecto. Su formulación matemática es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FCN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:  $I_0$  = Inversión inicial en el momento cero de la evaluación.

$t$  = Período

$FCN_t$  = Flujo de caja neto en el período  $t$ .

$i$  = Tasa de descuento o costo de oportunidad del capital o costo marginal del capital.

$n$  = Horizonte de vida útil del proyecto.

### Ventajas del (VAN)

- Sencillez de cálculo (su operatoria se reduce a operaciones matemáticas elementales).
- Tiene en cuenta toda la vida del proyecto y las corrientes de liquidez.
- Toma en consideración el carácter temporal de los flujos. Es decir, homogeniza los flujos netos de caja refiriéndolos a un mismo momento del tiempo, reduce a una unidad de medida común cantidades de dinero recibidas en momentos del tiempo diferentes.

### Limitaciones del (VAN)

- Dificultad para determinar la tasa de descuento adecuada.
- No indica la tasa de rentabilidad total del proyecto

- No siempre es comprendido por los hombres de negocios.

La Tasa interna de rendimiento (TIR) es un criterio de rentabilidad expresado porcentualmente. Permite evaluar el proyecto en función de una tasa única, obtenida al ser los ingresos actualizados iguales a los egresos actualizados. Por esto, se define como la tasa de descuento que hace el VAN =0. Se calcula por aproximaciones sucesivas, utilizando el método de interpolación, el que exige calcular el VAN para diferentes tasas de actualización, hasta encontrar un VAN positivo y un VAN negativo con dos tasas de actualización cuya diferencia sea de  $\pm 2\%$ , para lograr que la interpolación sea lo más exacta posible, es decir, un VAN positivo a la izquierda del VAN del proyecto y un VAN negativo a su derecha. La tasa interna de rendimiento (TIR) es la tasa de descuento para la que un proyecto de inversión tendría un VAN igual a cero. La TIR es, pues, una medida de la rentabilidad relativa de una inversión.

Esta es la alternativa más utilizada después del VAN. Como se verá la tasa interna de rendimiento (TIR) tiene una relación íntima con el VAN. Esta técnica trata de expresar una sola tasa de rendimiento que resuma las bondades de la inversión. La palabra "interna" significa que dicha tasa será inherente a un solo proyecto, debido a que depende únicamente, al igual que el VAN, de los parámetros propios del proyecto de que se trate, entiéndase FCN,  $I_0$ ,  $i$ , y no de tasas ofrecidas externamente, lo cual no quiere decir que no pueda haber dos proyectos con parámetros distintos y una misma TIR.

Para calcular TIR, se observa si el valor del VAN es elevado, entonces se utiliza un valor de  $i$  alto buscando obtener un VAN cercano a cero, pero positivo. Si se obtiene, se calcula nuevamente el VAN para un valor de  $i$  más alto, buscando obtener un VAN negativo. En ambos casos, los valores de VAN obtenidos deben ser cercanos a cero por la izquierda y por la derecha. Al calcularla se encuentra la rentabilidad que se obtiene sobre el capital invertido mientras este esté invertido, permitiendo desembolsos parciales de la inversión. Es una medida porcentual, relativa y por tanto muy importante para comparar proyectos. Parte del supuesto de que, la reinversión de los flujos del proyecto se sucede a la propia TIR. La  $i$ , en este caso la  $r$ , que haga al VAN igual a cero será, precisamente el rendimiento de la inversión, o sea, la TIR. Esto resulta de suma importancia porque proporciona un método de cálculo de rendimientos internos de inversiones con mayor vida útil. La fórmula general para su cálculo será:

$$r = \frac{-A + \sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n iQ_i}$$

Donde:  $r = TIR$

$i =$  Numero de flujos de caja

(4)

En el método del VAN la tasa de descuento  $i$  se especifica y el VAN es calculado, mientras que en el método de la TIR se parte de que el VAN debe ser igual a cero y se debe encontrar el valor  $r$  que satisfaga esta condición.

De acuerdo a los resultados de su cálculo, cuando la " $r > i$ " (se acepta el proyecto). Si " $r = i$ ", será indiferente y nunca se aceptarían proyectos cuya " $r < i$ ". Si los proyectos son mutuamente excluyentes, además del resultado anterior se elige el que mayor  $r$  proporcionará a la empresa.

Los métodos mayormente utilizados para calcular la TIR son: el de prueba y error, el de solución por calculadora, Microsoft Excel utilizando la computadora y, existe uno en específico cuando los flujos de caja son constantes.

Desventajas (TIR)

Sin dejar de reconocer su efectividad en la mayoría de los casos, presenta a menudo graves problemas que, si no se reconocen a tiempo, podrían inducir a una decisión errada, sobre todo para la decisión que se deriva de proyectos mutuamente excluyentes. Un primer problema se presenta cuando en la determinación de los flujos aparecen cambios de signo. En tales casos puede que existan tantas tasas de retorno como cambios de signo haya, aunque otras veces varios cambios de signo solo exhiben una TIR o ninguna, en dependencia de los valores que se obtienen.

El máximo número de tasas diferentes será igual al número de cambios de signos que tenga el flujo del proyecto, aunque el número de cambios de signos no es condicionante del número de tasas internas de retorno calculables.

Las decisiones también pueden complicarse cuando no se pueden obviar en la evaluación de la inversión, por su importancia, la variabilidad de las tasas de descuento, dado cambios en la diferencia del interés o la rentabilidad a corto y a largo plazo. La solución en estos casos la da el criterio VAN, más constante y consistente, o una combinación de criterios de decisión para las ocasiones en que esto sea factible.

La determinación de la tasa de descuento es otro aspecto sobre el que es necesario profundizar en el objetivo de comprender el contenido económico del VAN. Esta requiere de análisis tanto en su aspecto cuantitativo como cualitativo. En su aspecto cuantitativo la

importancia de una determinada magnitud en el valor de la tasa de descuento "k", se deriva de la influencia que esta tiene sobre el valor actual neto, pues el VAN es mayor en la medida que "k" es menor y viceversa. La relación entre estas dos variables se expresa en la figura 2.15.

Al analizar la función  $VAN = f(k)$  se pone de manifiesto que el VAN varía en función de k entre los siguientes valores:

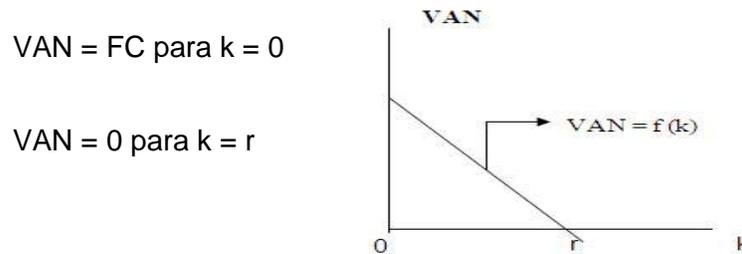


Figura 2.15 Relación entre el VAN y la Tasa de Descuento. Fuente: (Gil Martínez, 2001)

Mientras que, en su aspecto cualitativo, una de las principales dificultades para el cálculo del VAN es, precisamente, la de definir la tasa de descuento a utilizar. El proyecto supuesto teórico parte de la hipótesis de la existencia de un mercado financiero, y postula que esta tasa viene determinada por la tasa de interés que rige en el mercado financiero, tasa ésta a la que se podría lo mismo pedir que prestar dinero, y que no variaría para cualquiera que fuera el monto solicitado. Pero, como se sabe, esta no es una hipótesis realista, pues son diversas las tasas de interés existentes en el mercado, no es la misma tasa de interés a la que se presta que a la que se puede pedir prestado; además esta tasa está asociada al nivel de riesgo de la inversión.

Otro criterio generalmente aceptado para determinar la tasa de descuento es el del costo de oportunidad del capital. Al respecto, si se parte del principio de la escasez de los recursos, resulta mucho más comprensible y factible, establecer como tasa de descuento el costo de oportunidad del capital, entendiéndose por éste, el de la mejor alternativa de utilización de los recursos, es decir, la rentabilidad a la que se renuncia en una inversión de riesgo similar por colocar los recursos en el proyecto. En este sentido, es frecuente encontrar que la tasa de interés activa (a la que presta dinero la banca nacional) es sumamente alta, es costoso y difícil obtener créditos externos, debido al llamado riesgo país, lo que repercute en el incremento de la tasa de interés a que se obtienen estos recursos. Ello, se suma a que las economías del tercer mundo, caracterizadas, básicamente, por la alta participación del sector agropecuario y de la pequeña y mediana industria, sectores donde -en general- es baja la tasa de rentabilidad, por tanto,

situaciones en que la tasa de interés es mayor que la tasa de rentabilidad. En este contexto, podrían también existir ramas de la economía cubana, en que el costo del dinero sea mayor que el costo de oportunidad del capital (dadas las restricciones que se enfrentan en los mercados de capitales), por tanto, en que habría que calcular la tasa de descuento a partir de la tasa de interés. Estas y otras razones explican que, en el cálculo de “k”, estén presentes componentes objetivos y subjetivos, por lo que se coincide con aquellos autores que afirman que esta debe representar la rentabilidad mínima que se le exige al proyecto, para cuyo cálculo se considera que se deberán tener en cuenta factores objetivos, tales como: las tasas de interés a que la empresa y el país reciben recursos financieros, los niveles de rentabilidad de la rama económica a que pertenece el proyecto, riesgo financiero, etcétera, pero también criterios subjetivos dictados por la experiencia y la intuición del sujeto decisor.

En resumen, el VAN no se puede concebir sólo como un resultado numérico para seleccionar proyectos de inversión, sino que su empleo se sustenta en el hecho de que esté en correspondencia con los objetivos de los inversionistas, con los objetivos financieros de la empresa.

El plazo de Recuperación de una Inversión Pay Back; este método nos proporciona el plazo en el que recuperamos la inversión inicial a través de los flujos de caja netos, ingresos menos gastos, obtenidos con el proyecto. Consiste en dividir la inversión inicial más los gastos que origine entre los distintos flujos de caja positivos que origina el proyecto. Este indicador debe ser comparado con el número de años, que, como promedio, tardó en recuperarse una inversión similar o una normativa existente dentro de la propia industria. De no tenerse este dato, debe valorarse por los especialistas si se recupera rápidamente o no. A menor período de recuperación, mejor proyecto, menos riesgo. Por lo que este indicador se considera un criterio de riesgo: a mayor período de recuperación, mayor riesgo se asocia al proyecto.

#### Ventajas

- Es un método muy útil cuando realizamos inversiones en situaciones de elevada incertidumbre o no tenemos claro el tiempo que vamos a poder explotar nuestra inversión.
- Proporciona información sobre el tiempo mínimo necesario para recuperar la inversión.

#### Desventajas

- No nos proporciona ningún tipo de medida de rentabilidad.

- No tiene en consideración la temporalidad de los distintos flujos monetarios que provoca el proyecto.
- No tiene en consideración los flujos positivos que se pueden producir con posterioridad al momento de recuperación de la inversión inicial.

Fórmula de Cálculo:

Donde:

$\Sigma A$ : Suma de la inversión inicial, así como de todos los flujos negativos.

$\Sigma Q$ : Suma de todos los flujos positivos originados por el proyecto de inversión.

$$P\&B = \frac{\Sigma A}{\Sigma Q} \quad (5)$$

Tasa Total de Rentabilidad de una Inversión es un método que proporciona la rentabilidad global de la inversión, recuperado por cada unidad monetaria invertida. División de la suma de los flujos netos de caja producidos a lo largo de toda la vida de la inversión entre el coste de la inversión.

Ventajas

Se trata de un método de análisis muy sencillo de calcular.

Desventajas

Nos proporciona una medida de rentabilidad para toda la vida de la operación.

No se trata de una rentabilidad anualizada, dicha rentabilidad es la obtenida a lo largo de toda la vida útil del activo.

En este criterio tienen el mismo valor los flujos positivos producidos el mes siguiente de la realización de la inversión que los obtenidos al cabo de 5 años.

Fórmula de Cálculo

$$r' = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A} \quad (6)$$

Donde:

$r'$  = Tasa de rendimiento

$Q_i$  = Flujo neto de caja del periodo  $i$

$A$  = Suma de las inversiones realizadas

Para trasladar la anterior tasa interanual a tasa anual deberemos realizar la siguiente operación:

$$r = \sqrt[n]{(1 + r')} - 1 \quad (7)$$

Donde:

$r$  = Tasa de rendimiento anual.

$n$  = Número de años de vida de la inversión.

Criterio de Elección

Siempre será preciso que  $r'$  supere la unidad, en caso contrario no recuperaríamos la inversión realizada.

Razón Beneficio / Costo (B/C)

Representa cuanto se gana por encima de la inversión efectuada. Igual que el VAN y la TIR, el análisis de beneficio-costos se reduce a una sola cifra, fácil de comunicar en la cual se basa la decisión. Solo se diferencia del VAN en el resultado, que es expresado en forma relativa.

Se halla de la siguiente forma:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FCN}{(1+i)^t}}{I_0} \quad (8)$$

Donde:

B/C= razón costo beneficio

t= período.

$\sum FCN_t$ = Sumatoria de los flujos netos de caja actualizados, de la vida

**Conclusiones Parciales**

Al finalizar el capítulo II se arriban a las siguientes conclusiones:

1. Los procesos claves de la organización son: Mantenimiento, Despacho, Materias Primas, Producción y Servicio de Laboratorio.
2. El principal consumidor de agua en la empresa Cementos Cienfuegos SA son las torres estabilizadoras, ya que el agua que emplea para su funcionamiento se emite a la atmósfera y no se puede volver a utilizar.
3. A partir de la bibliografía que se consulta se decide utilizar el estudio de factibilidad a ciclo completo del Proyecto de Extracción de Agua Subterránea Disponible en el Emplazamiento.

## *Capítulo III*

**Capítulo 3 – Evaluación de la situación de agua subterránea y factibilidad técnica-económica**

En el presente capítulo se evaluarán proyectos para garantizar el suministro de los volúmenes de agua necesarios para el funcionamiento de los sistemas tecnológicos de la planta a partir de las reservas de aguas presentes en el emplazamiento. Realizando estudios de factibilidad para demostrar uso eficiente.

**3.1 Factibilidad técnica del proyecto**

Los estudios de inventario de agua en el subsuelo muestran que existe una capacidad disponible en la zona cercana al almacén de puzolana con posibilidad real de ser explotada, para ello fue realizada una investigación de conjunto con especialistas del Grupo Empresarial de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos, cuyos resultados se muestran a continuación.

**3.1.1 Calidad del agua**

La calidad del agua está determinada por la hidrología, fisicoquímica y biología de la masa de agua a la que se refiere. Según los tipos de substratos por los que viaja el agua esta se cargará de unas sales u otras en dependencia de su composición y solubilidad. En nuestro caso determinamos la calidad del agua del subsuelo del emplazamiento y la comparamos con la calidad del agua técnica actualmente utilizada con el objetivo de comprobar si cumple con las especificaciones para el uso industrial.

Para conocer la calidad del agua industrial fue muestreado el agua del tanque de 5000 m<sup>3</sup> y la torre de enfriamiento. Este servicio fue contratado a la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico, el procedimiento utilizado se muestra en el **(Anexo#4)**. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 3.1 Resultados de calidad del agua industrial. Fuente: *(Cementos Cienfuegos S.A, 2018)*

M	pH (u)	CE (µS/cm)	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>1-</sup> mg/l	Cl <sup>1-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>1-</sup> mg/l	Na <sup>1+</sup> mg/l	K <sup>1+</sup> mg/l
388	8.53	560	59	33	15	150	23	43	4	3	0.5
389	7.58	520	42	24	0	180	20	13	3	3	0.3
Valor de incertidumbre	±0.16	±0.21	±2.51	±2.51	±1.88	±1.88	±1.16	±2.77	±0.41 74	±5%	±5%

Nota: La muestra 388 corresponde a la torre de enfriamiento y la 389 al tanque de 5000m<sup>3</sup>

Tabla 3.2 Resultados de calidad del agua industrial. Fuente: *(Cementos Cienfuegos S.A, 2018)*

M	CT NMP/100ml	CTT NMP/100ml	NO <sub>2</sub> mg/l
388	24	17	0.035

389	20	7.8	0.123
-----	----	-----	-------

Los resultados muestran que los parámetros físicos, químicos y los Bacteriológicos cumplen con los requisitos de la (Oficina Nacional de Normalización (NC). El agua es apta para consumo humano. No obstante, se debe realizar una limpieza del tanque de 5000 m<sup>3</sup>.

### **3.1.2 Determinación de la reserva de agua disponible en el emplazamiento**

En la provincia de Cienfuegos presenta una no homogeneidad en la capacidad de los acuíferos, cuya tendencia tiene estrecha relación con la formación litológica de cada región. Los estudios de los volúmenes de agua están generalizados y de forma sistemática en tres cuencas hidrogeológicas con un monitoreo mensual comprobándose que los comportamientos de los niveles medios de las cuencas son proporcionales a las precipitaciones.

En la actualidad en las instalaciones cercanas a la nave de puzolana se encuentra ubicado un pozo encamisado hasta 20 m, con un espejo de agua situado a 2 m de profundidad a partir de la boca del pozo. Para determinar si los pozos garantizaran el agua necesaria para satisfacer la demanda de agua diaria que requiere el sistema de enfriamiento de las instalaciones tecnológicas se realiza un estudio para evaluar la disponibilidad del agua existente en el pozo y su caracterización para su utilización como fuente alternativa de abasto de agua a la empresa CCS.A. Para ello fue utilizado el procedimiento descrito en el **(Anexo# 5)**.

Los aforos efectuados permitieron dar a conocer la disponibilidad de los volúmenes demandados ya que se necesitan de una bomba de al menos 10l.s<sup>-1</sup> para alcanzar un volumen de 36m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> por lo en 10 h se obtendrán 360m<sup>3</sup>, el pozo presenta una buena estructura y reúne las condiciones adecuadas para el comienzo de su explotación. Este dispone del agua para un volumen mayor que 360m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>. El abastecimiento máximo a alcanzar en las condiciones de estudio no supera los 6 m durante la explotación en 12h no peligrando así la bomba instalada.

Finalmente los estudios realizados se tienen como resultados:

1. El pozo se encuentra en una geología donde su fonación litológica es de poco almacenamiento de agua
2. Los valores de transmisibilidad en la zona donde se encuentra el pozo entre 1000 a 1500m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>
3. El pozo dispone de más de 360m<sup>3</sup> en 12h con una bomba de 11l.s<sup>-1</sup>
4. El pozo no se recarga con el agua contenida en el túnel.

- Se debe dejar de explotar el pozo 7 h cada jornada de 12 horas de manera que permita la recuperación del mismo.

### 3.1.3 Propuesta del proyecto

Una vez confirmada que existe reserva de agua en el subsuelo del emplazamiento cercano a la instalación de almacenamiento de puzolana y que la calidad del agua supera la del agua industrial actualmente suministrada desde la presa a través de la conductora de codicia se diseñó un esquema de bombeo que incluye además un nuevo pozo adicional al ya existente. Se propone perforar al menos un nuevo pozo para garantizar el abastecimiento diario de agua de reposición de la planta, el esquema se muestra en la figura siguiente.

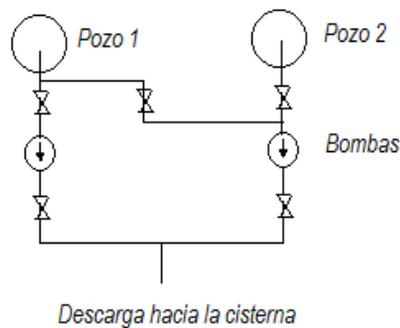


Fig. 3.1 Esquema de bombeo desde los pozos. Fuente: (Elaboración Propia)

El sistema consiste en dos bombas conectadas a cada pozo, con posibilidad de interconexión entre ellas y con descarga a un colector común que envía el agua hacia la cisterna de la torre de enfriamiento de donde toman las bombas de reposición de agua al circuito de enfriamiento de la planta. Para la ejecución de este proyecto se hace necesaria la perforación de un nuevo pozo y la instalación de las bombas y el montaje del trazado de tuberías desde el área de los pozos hasta la cisterna de la torre.

En este caso las bombas fueron calculadas por personal especializado de la gerencia de mecánica determinándose las características que se muestran en la tabla 3.3:

Tabla 3.3 Características de diseño de la bomba. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2018)

Parámetro	valor
Caudal	15 – 20 l s <sup>-1</sup>
Diámetro de entrada	150 mm
Diámetro salida	100 mm
Altura de succión	15 m
Medio	agua
Voltaje	440 V

Para estas características fueron licitadas 2 firmas suministradoras, los parámetros que se tuvieron en cuenta para la selección de la variante óptima fueron: cumplimiento de requisitos de diseño, precios, forma de pago, tipo de moneda, tiempo de entrega y consumo eléctrico. Finalmente fue seleccionada la variante 1 por las siguientes ventajas de compatibilidad tecnológica y económica:

Tabla 3.4 Análisis de ofertas para la rehabilitación o sustitución del electrofiltros de cemento.  
Fuente: (Elaboración Propia)

PROVEEDOR	ALTERNATIVAS	
	VARIANTE 1	VARIANTE 2
	TCGB	GalileoStar
CONCEPTO	Bomba centrífuga	CASA DE BOLSA
Modificaciones civiles	No se requiere	Se requiere en modificación de estructuras y base actual
Monto Equipos, fletes y otros	13,500.00 CUC	18.000.00 CUC
Obras Civiles	0.00	2,000.00 CUC
<b>Monto estimado inversión</b>	<b>13,500.0 CUC</b>	<b>20.000 CUC</b>
Forma de pago	30% a la firma del contrato, 30 % a los 60 días confirmación OC, 40 % confirmación BL	40% a la firma del contrato, 30 % a los 60 días de confirmación OC, 30 % confirmación BL
Tiempo de entrega	2 meses posterior a la OC y pago de anticipo	5 meses posterior a la OC y pago de anticipo
Forma de entrega	FOB	FOB
Procedencia	Dinamarca	España
Garantías	12 meses	12 meses
Referencias	Es un suministrador estable, se han rehabilitado otros equipos en la planta	No contamos con referencia

### **3.2 Costo de inversión**

A la hora de predeterminar el costo de la inversión para el proyecto del sistema de suministro de agua se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

Costo de equipos, el flete, aranceles a la importación (bombas de agua), cargo por almacenaje en puerto, accesorios para el montaje de tuberías y bombas, alquiler de mano de obra y equipos y finalmente un monto de imprevistos. Los montos para cada concepto son relacionados en la tabla 3.4.1

La vida útil del proyecto es de 10 años condicionada ya que el equipamiento fue suministrado en forma de paquete tecnológico, por lo que el valor de salvamento no se refleja en la tabla 3.4.1 ya que todos los activos fijos que contempla dicho proyecto están incluidos dentro de

dicho paquete. La depreciación se hace por el método lineal con una tasa del 6% anual, lo que representa un monto de 5668.0 CUC anual.

Tabla 3.4.1 Financiamiento de la inversión. Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2018)

CONCEPTOS.				DEPRECIACION		FINANCIAMIENTO
CONSTRUCCION Y MONTAJE			CUC	%	CUC	CUC
	Bombas			6.0%	5,692.68	
<b>SUMINISTROS</b>			<b>13500.00</b>			<b>13,500.00</b>
	Equipamiento bombas		13.000.00			13,000.00
	Flete		1230.00			1,230.00
	Aranceles		170.00			170.00
	Cargo por almacenaje		100.00			100.00
<b>ACCESORIOS</b>			<b>30400.00</b>			<b>22310.00</b>
	Tuberías	730(m)	30.00		21910.00	21910.00
	Válvulas	18	12.00		216.00	216.00
	Codos	20	9.20		184.00	184.00
<b>EJECUCIÓN DEL MONTAJE</b>						<b>9,068.40</b>
	Alquiler de mano de obra		7,490.00			7,490.00
	Alquiler de equipos		578.40			578.40
	Imprevistos		1,000.00			1,000.00
<b>PERFORACION DE POZO</b>			2			<b>50,000.00</b>
<b>TOTAL</b>						<b>9,4878.00</b>

### 3.3 Determinación de los Flujos de Caja

Para la realización del pronóstico de los flujos de caja del proyecto fueron consideradas los siguientes aspectos:

- Niveles de producción previstos según históricos de Cementos Cienfuegos S.A.
- El período de proyección de los flujos de caja anual.
- La empresa dispone íntegramente de la depreciación.
- El cargo anual por concepto de depreciación asciende a un total de 5,692.68 CUC
- Se proyectaron las entradas por concepto de disminución de los costos asociados a las pérdidas de agua mantenimiento sin inversión.

Los pronósticos de producción fueron establecidos a partir de los valores promedios de los costos anuales asociados a las pérdidas de agua por bombeo en los últimos 4 años que se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Comportamiento de los costos de las pérdidas por bombeos en los últimos 4 años. Fuente: (Grupo Empresarial del Cemento, 2018)

CONCEPTO		Años			
		2015	2016	2017	2018
<b>PRODUCCIÓN DE CLINKER</b>	t	595,877	559,864	661,452	642,728
<b>índice CONSUMO DE AGUA</b>	m <sup>3</sup> /t	0.77	0.48	0.64	0.68

<b>consumo de agua</b>	m <sup>3</sup>	460,579	268,506	426,521	436,652
METROS CUBICOS BOMBEADOS		460,579	268,506	426,521	436,652
METROS CUBICOS RECIBIDOS		203,470	124,094	110,741	125,117
METROS CUBICOS DIFERENCIA		257,109	144,412	200,804	311,535
% DE PÉRDIDA		55.8	53.8	64.5	71.3
<b>Costo de las pérdidas CUC</b>	0.12 CUC/m <sup>3</sup>	28,282	15,885	22,088	34,269
<b>Costo energía perdida</b>	0.16 kWh/m <sup>3</sup>	1,678	1,184	1,427	1,487
<b>Costo de mantenimiento</b>		69,757	68,935	70,946	80,759

Para este análisis se trabajó con una tasa de descuento del 10% establecido por la junta de accionistas de Cementos Cienfuegos S.A. para las inversiones y se realizó una proyección hasta un 10%, para la determinación de los perfiles del Valor Actual Neto(VAN).

Las entradas están referidas a los ahorros por concepto de eliminación de las pérdidas de agua por el estado técnico de la conductora de Codicia en relación al nuevo sistema de bombeo utilizando los pozos del emplazamiento propuesto en la inversión y a la disminución de los costos por mantenimiento.

Las salidas proyectadas son por concepto de gastos de mantenimiento, depreciación y gastos adicionales en el precio del agua.

Los flujos de caja son positivos, demostrando la eficiencia del nuevo sistema de suministro de agua. Los resultados de los principales indicadores de presupuestación para la alternativa evaluada se muestra en la tabla 3.6, además de presentarse la gráfica 3.2.1 donde se ilustran los perfiles del VAN, con la respectiva Tasa Interna de Retorno (TIR) calculada mediante el método iterativo. El período de recuperación de la inversión del proyecto es aproximadamente de **2.06** años (2 años, 1 mes), lo que representa un **100%** del tiempo que como promedio se tiene en la empresa para la recuperación del desembolso inicial de la inversión y el 2% del tiempo de vida de la inversión(10 años).

Tabla 3.6 Valores de los flujos de cajas considerados en la determinación del VAN y la TIR.

Fuente: (Elaboración Propia)

Año	Flujo Caja	PRI real	FC descontados	PRI desc	Fc descontado 15%
0	-94,478.40	-94,478.40	-94,478.40	-94,478.40	-94,478.40
1	35,632.4	<b>-58,845.98</b>	32,393.11	-62,085.29	30,984.71
2	69,343.3	<b>10,497.33</b>	57,308.52	-4,776.77	52,433.50
3	109,511.4	<b>0.85</b>	82,277.51	77,500.73	72,005.50
4	80,721.9	<b>1.85</b>	55,134.13	<b>0.06</b>	46,153.00
5	93,335.6		57,954.04	<b>2.06</b>	46,404.27
6	153,369.3		86,572.99		66,305.80
7	140,107.0		71,897.04		52,671.41

8	159,274.5		74,302.75		52,067.13
9	180,585.5		76,585.89		51,333.67
10	204,291.4		78,763.18		50,497.71
VAN	1,131,693.91		578,711.47		426,378.30
TIR	72.0%				

Tabla 3.7 Perfiles del VAN. Fuente: (Elaboración Propia)

0%	10%	15%	72%
1,131,693.91	578,711.47	426,378.30	0

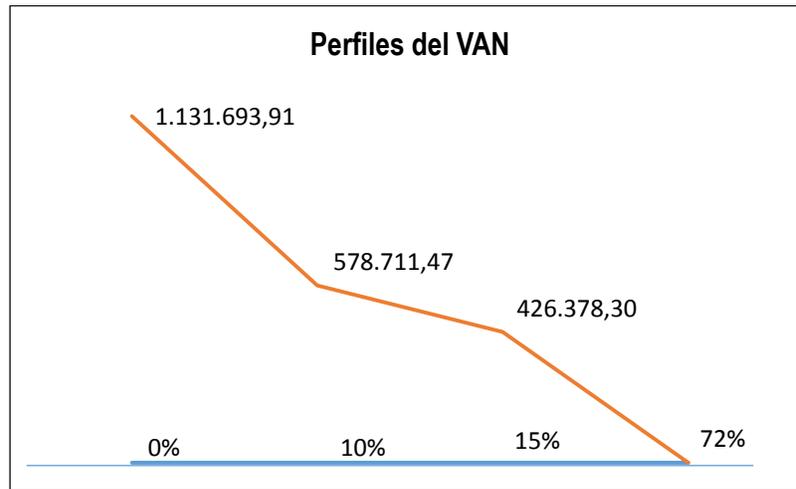


Gráfico 3.1 Perfiles del VAN. Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 3.8 Determinación de la TIR. Fuente: (Elaboración Propia)

Tasa Dto.	VAN	Tasa Dto.	VAN	Tasa Dto.	VAN	Tasa Dto.	VAN
10.0%	578,710.75	22.5%	276,632.38	45.0%	78,215.78	67.5%	8,365.49
0.7%	1,076,435.11	23.0%	268,981.94	45.5%	75,868.85	68.0%	7,379.15
1.0%	1,053,753.97	23.5%	261,562.68	46.0%	73,573.47	68.5%	6,409.02
1.5%	1,017,221.04	24.0%	254,365.97	46.5%	71,328.16	69.0%	5,454.77
2.0%	982,206.82	24.5%	247,383.58	47.0%	69,131.49	69.5%	4,516.02
2.5%	948,637.29	25.0%	240,607.60	47.5%	66,982.10	70.0%	3,592.44
3.0%	916,442.48	25.5%	234,030.48	48.0%	64,878.65	70.5%	2,683.70
3.5%	885,556.26	26.0%	227,645.00	48.5%	62,819.86	71.0%	1,789.47
4.0%	855,916.05	26.5%	221,444.20	49.0%	60,804.49	71.5%	909.43
4.5%	827,462.69	27.0%	215,421.47	49.5%	58,831.33	<b>72.0%</b>	<b>43.28</b>
5.0%	800,140.13	27.5%	209,570.43	50.0%	56,899.24	72.5%	-809.28
5.5%	773,895.35	28.0%	203,884.99	50.5%	55,007.09	73.0%	-1,648.54
6.0%	748,678.13	28.5%	198,359.29	51.0%	53,153.78	73.5%	-2,474.79
6.5%	724,440.87	29.0%	192,987.74	51.5%	51,338.28	74.0%	-3,288.30
7.0%	701,138.48	29.5%	187,764.95	52.0%	49,559.57	74.5%	-4,089.34
7.5%	678,728.23	30.0%	182,685.77	52.5%	47,816.66		
8.0%	657,169.57	30.5%	177,745.24	53.0%	46,108.60		

8.5%	636,424.06	31.0%	172,938.62	53.5%	44,434.48		
9.0%	616,455.21	31.5%	168,261.34	54.0%	42,793.40		
9.5%	597,228.40	32.0%	163,709.03	54.5%	41,184.49		
<b>10.0%</b>	<b>578,710.75</b>	<b>32.5%</b>	<b>159,277.47</b>	<b>55.0%</b>	<b>39,606.93</b>		
10.5%	560,871.04	33.0%	154,962.63	55.5%	38,059.90		
11.0%	543,679.62	33.5%	150,760.62	56.0%	36,542.62		
11.5%	527,108.28	34.0%	146,667.72	56.5%	35,054.33		
12.0%	511,130.25	34.5%	142,680.33	57.0%	33,594.28		
12.5%	495,720.05	35.0%	138,795.01	57.5%	32,161.78		
13.0%	480,853.44	35.5%	135,008.44	58.0%	30,756.12		
13.5%	466,507.38	36.0%	131,317.43	58.5%	29,376.64		
14.0%	452,659.92	36.5%	127,718.92	59.0%	28,022.67		
14.5%	439,290.19	37.0%	124,209.95	59.5%	26,693.61		
15.0%	426,378.30	37.5%	120,787.68	60.0%	25,388.82		
15.5%	413,905.30	38.0%	117,449.38	60.5%	24,107.72		
16.0%	401,853.17	38.5%	114,192.41	61.0%	22,849.73		
16.5%	390,204.69	39.0%	111,014.23	61.5%	21,614.29		
17.0%	378,943.49	39.5%	107,912.41	62.0%	20,400.86		
17.5%	368,053.92	40.0%	104,884.60	62.5%	19,208.92		
18.0%	357,521.09	40.5%	101,928.51	63.0%	18,037.94		
18.5%	347,330.77	41.0%	99,041.97	63.5%	16,887.44		
19.0%	337,469.40	41.5%	96,222.88	64.0%	15,756.94		
19.5%	327,924.02	42.0%	93,469.19	64.5%	14,645.96		
20.0%	318,682.25	42.5%	90,778.96	65.0%	13,554.04		
20.5%	309,732.31	43.0%	88,150.29	65.5%	12,480.76		
21.0%	301,062.89	43.5%	85,581.37	66.0%	11,425.67		
21.5%	292,663.22	44.0%	83,070.43	66.5%	10,388.37		
22.0%	284,523.00	44.5%	80,615.78	67.0%	9,368.44		

La Rentabilidad Relativa Bruta Anual por unidad monetaria comprometida en el proyecto es del 72%. Adicionalmente podemos plantear que la  $TIR > k$  (tasa de descuento del proyecto), por lo que la Rentabilidad Neta por unidad monetaria es de 62%.

En este trabajo se proponen dos opciones para el financiamiento de la inversión una con financiamiento propio con los flujos de cajas de la empresa y una segunda variante con financiamiento del socio extranjero, en este último las condiciones de financiamiento son las que se muestran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Condiciones de Financiamiento de los Accionistas. Fuente: *(Elaboración Propia)*

CONDICIONES DE FINANCIAMIENTO			
	INTERESES	3.0%	ANUAL
	PERIODO GRACIA	0	AÑO
	PLAZO DE PAGO	4	AÑOS

El criterio VAN parte de calcular de forma independiente, la rentabilidad de la inversión de la rentabilidad de la financiación, para posteriormente sumar ambos resultados, por tanto, primero se halla el VAN del proyecto sin considerar los efectos de la financiación, es decir, como si este se financiara sólo con capital propio, y posteriormente se calcula el VAN del efecto de la financiación.

Para la determinación del Valor Actual Neto Ajustado(VANA) se tomaron las condiciones del financiamiento del socio extranjero, las expresiones y los resultados se muestran en la tabla 3.10, para los cuales fue utilizado el método de interés simple decreciente.

Tabla 3.10 Cálculo del VANA por el método de Interés simple decreciente. Fuente:  
(Elaboración Propia)

Años	TASA Amortización del principal	Interés de la Deuda	TASA Liquidez de Intereses	Tasa de Liquidez Total		Tasa de Liquidez Total actualizada
1	23619.60	7085.88	1771.47	25391.07		23082.79
2	23619.60	7085.88	1771.47	25391.07		20984.36
3	23619.60	7085.88	1771.47	25391.07		19076.69
4	23619.60	7085.88	1771.47	25391.07		17342.44
				<b>VAN fin</b>	=	<b>-57403.48</b>
	VANA =	<b>VAN financiamiento</b>			+	<b>VAN</b>
			-57403.48		+	578,711.47
		VANA =	521307.98		CUC	

$$T. A.P = \frac{Deuda}{plazo de pago} \quad (1)$$

$$T. L.I = \frac{Interés de la deuda}{plazo de pago} \quad (2)$$

$$Interés de la deuda = \frac{Deuda * Interés * (plazo de pago + 1)}{2} \quad (3)$$

### 3.4 Análisis de Escenarios

Fue realizado un estudio de escenarios sobre la base de la variación de las pérdidas desde el sistema de suministro actual, ya que estas constituyen pérdidas de energéticos, las que guardan una relación directa con los costos.

Los valores de pérdidas considerados en los escenarios fueron determinados a partir de los eventos de roturas ocurridos en la fábrica en los últimos 8 años, estos se encuentran en el

intervalo de 0.8 – 0.5% del total de agua bombeada con una probabilidad de ocurrencia de 7-70%.

Los resultados se muestran en la tabla 3.11. En el gráfico 3.2 se observa la fuerte dependencia de los costos con las pérdidas de agua por concepto de bombeo. Los valores para el estudio de la inversión se realizaron utilizando el valor más probable de las pérdidas ocurridas, siendo conservador en nuestros cálculos, demostrando la viabilidad de la inversión para todos los escenarios considerados.

En la tabla 3.12 se muestra el resumen de escenarios, en la tabla 3.13 se muestran los resultados del estudio de sensibilidad del VAN, los valores del VAN, TIR y PRI el análisis de escenario del VAN, los gráficos 3.3 y 3.4 se muestran las tendencias, para los escenarios analizados.

Tabla 3.11 Escenarios. Fuente: (Elaboración Propia)

Costos actuales sin inversión	136,528.10	159,218.99	172,276.56	186,719.62	202,708.92	220,424.43	240,067.49	261,863.53	286,064.70	312,953.35
Costos con inversión										
Indice de consumo 0.8 m³/tck	58,000.00	58,580.00	59,165.80	59,757.46	60,355.03	60,958.58	61,568.17	62,183.85	62,805.69	63,433.75
Indice de consumo 0.7 m³/tck	52,000.00	52,520.00	53,045.20	53,575.65	54,111.41	54,652.52	55,199.05	55,751.04	56,308.55	56,871.63
Indice de consumo 0.6 m³/tck	46,000.00	46,460.00	46,924.60	47,393.85	47,867.78	48,346.46	48,829.93	49,318.23	49,811.41	50,309.52
Indice de consumo 0.5 m³/tck	40,000.00	40,400.00	40,804.00	41,212.04	41,624.16	42,040.40	42,460.81	42,885.41	43,314.27	43,747.41

Disminución de costo										
Indice de consumo 0.8 m³/tck	78,528.10	100,638.99	113,110.76	126,962.16	142,353.89	159,465.85	178,499.32	199,679.68	223,259.01	249,519.61
Indice de consumo 0.7 m³/tck	84,528.10	84,008.10	83,482.90	82,952.45	82,416.69	81,875.58	81,329.05	80,777.06	80,219.55	79,656.46
Indice de consumo 0.6 m³/tck	90,528.10	90,068.10	89,603.50	89,134.25	88,660.31	88,181.64	87,698.17	87,209.87	86,716.69	86,218.58
Indice de consumo 0.5 m³/tck	96,528.10	96,128.10	95,724.10	95,316.06	94,903.94	94,487.70	94,067.29	93,642.69	93,213.83	92,780.69

**Análisis de Escenarios**

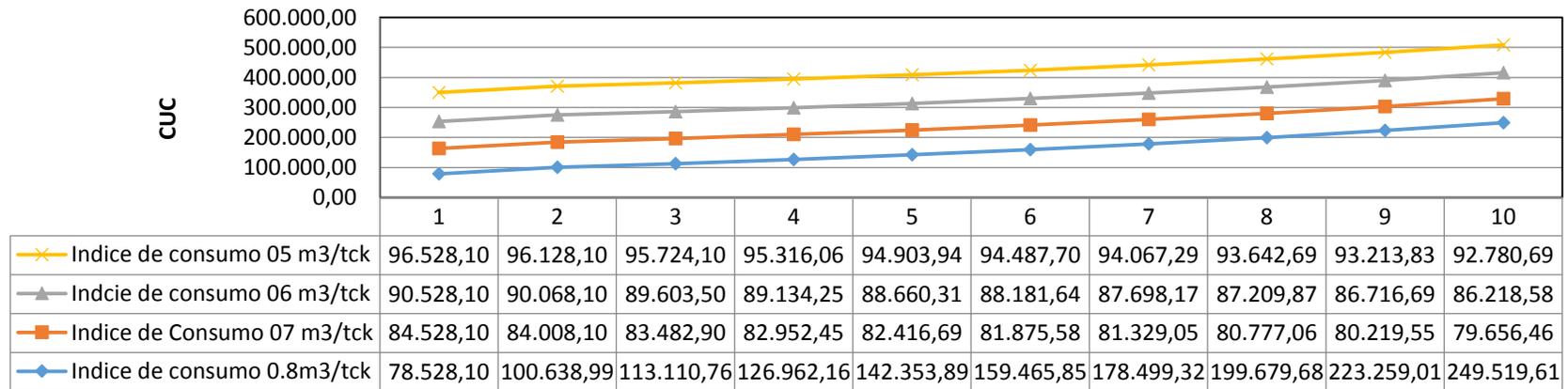


Grafico 3.2 Análisis de escenarios. Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 3.12 Resumen de escenarios. Fuente: (Elaboración Propia)

Índice de consumo	VAN	TIR	PRI
0.5	613,456.44	0.78	1.80
0.6	578,711.47	0.72	2.06
0.7	500,867.69	0.62	2.42
0.8	444,573.31	0.54	2.85

Tabla 3.13 Estudio de sensibilidad del VAN. Fuente: (Elaboración Propia)

ESTUDIO DE SENSIBILIDAD				
escenario Índice de consumo	Pi	VAN	E(VAN)	σ VAN
0.8	0.07	444,573.31		
0.7	0.08	500,867.69	568306.042	<b>27302.19</b>
0.6	0.7	578,711.47		
0.5	0.15	613,456.44		
	1			
			<b>CV</b>	<b>0.048</b>

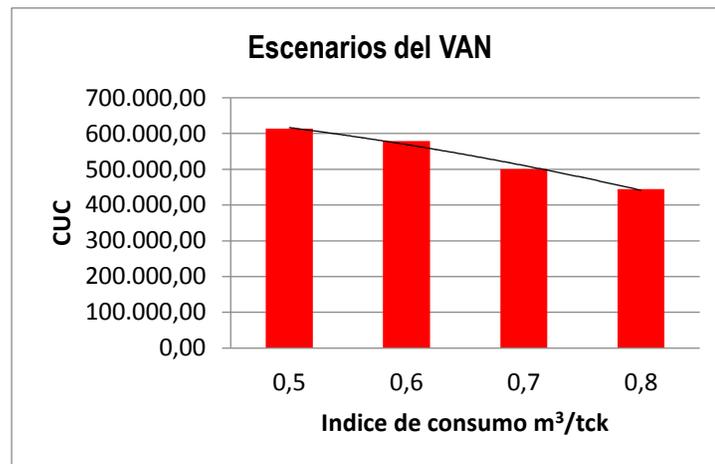


Gráfico 3.3 Escenario del VAN. Fuente: (Elaboración Propia)

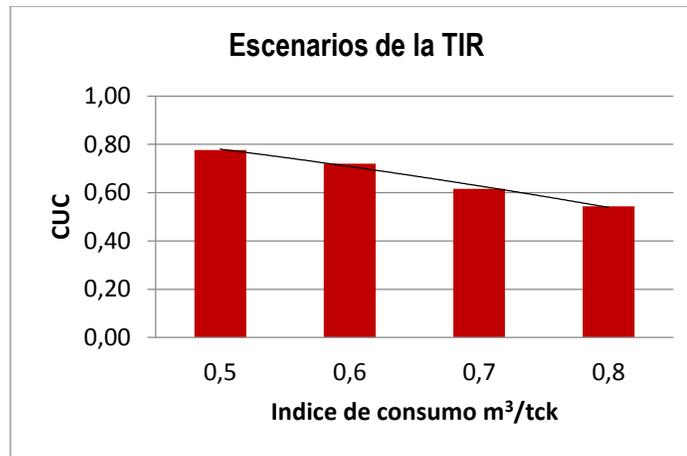


Gráfico 3.4 Escenario de la TIR. Fuente: (Elaboración Propia)

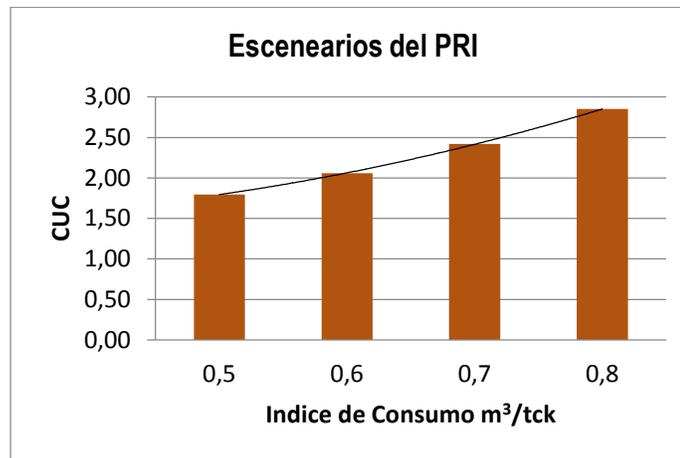


Gráfico 3.5 Escenario del PRI. Fuente: (Elaboración Propia)

### **3.5 Análisis del umbral de rentabilidad**

El umbral de rentabilidad, dependerá de la relación entre los costos fijos y la diferencia entre el precio y los costos unitarios variables, expresando el nivel de bombeo de agua que es necesario alcanzar para poder cubrir los costos, pues para volúmenes de agua bombeada inferiores al mismo se producirán pérdidas y, para volúmenes de agua bombeada superiores, se comenzará a tener beneficios.

Para la determinación del umbral de rentabilidad fueron considerados los siguientes aspectos:

- Los precios del m<sup>3</sup> de agua son constantes.
- Los precios de los insumos y restantes componentes del costo de producción son constantes.

- Para la determinación del umbral de rentabilidad se tomaron los valores correspondientes a un año, en este caso el más representativo, aunque es de destacar que los costos fijos tienen un comportamiento estable y los variables presentan una muy pequeña variabilidad.

En la tabla 3.14 se muestra que a partir de las 608540 m<sup>3</sup> anuales de agua bombeada, la inversión comienza a generar beneficios, por lo que este valor representa el umbral de rentabilidad para esta instalación de molinera. En el gráfico 3.6 se muestra el comportamiento de las variables costos totales e ingresos. En tal sentido podemos plantar que este valor de bombeo representa aproximadamente el 46% del volumen de bombeo anual, por lo que se considera poco probable el no cumplimiento de este nivel de bombeo, por las características de la instalación de bombeo de agua en relación a su disponibilidad (>95%).

Tabla 3.14 Umbral de rentabilidad bombeo de agua. Fuente: *(Elaboración Propia)*

UMBRAL DE RENTABILIDAD						
	COSTES FIJOS		82153			
	COSTES VARIABLES UNITARIOS		0.003			
	PRECIO UNITARIO		0.3			
	UMBRAL DE RENTABILIDAD		276569			
	INGRESOS		82970			
UNIDADES	COSTES FIJOS	COSTES VARIABLES	COSTES TOTALES	COSTES MEDIOS	INGRESOS	BENEFICIOS
0	82153	0	82153		0	-82153
27656.93	82153.00	81.78	82234.78	2.97	8297.08	-73937.70
55313.86	82153.00	163.56	82316.56	1.49	16594.16	-65722.40
82970.79	82153.00	245.34	82398.34	0.99	24891.24	-57507.10
110627.72	82153.00	327.11	82480.11	0.75	33188.31	-49291.80
138284.65	82153.00	408.89	82561.89	0.60	41485.39	-41076.50
165941.57	82153.00	490.67	82643.67	0.50	49782.47	-32861.20
193598.50	82153.00	572.45	82725.45	0.43	58079.55	-24645.90
221255.43	82153.00	654.23	82807.23	0.37	66376.63	-16430.60
248912.36	82153.00	736.01	82889.01	0.33	74673.71	-8215.30
<b>276569.29</b>	<b>82153.00</b>	<b>817.79</b>	<b>82970.79</b>	<b>0.30</b>	<b>82970.79</b>	<b>0.00</b>
304226.22	82153.00	899.57	83052.57	0.27	91267.87	8215.30
331883.15	82153.00	981.34	83134.34	0.25	99564.94	16430.60
359540.08	82153.00	1063.12	83216.12	0.23	107862.02	24645.90

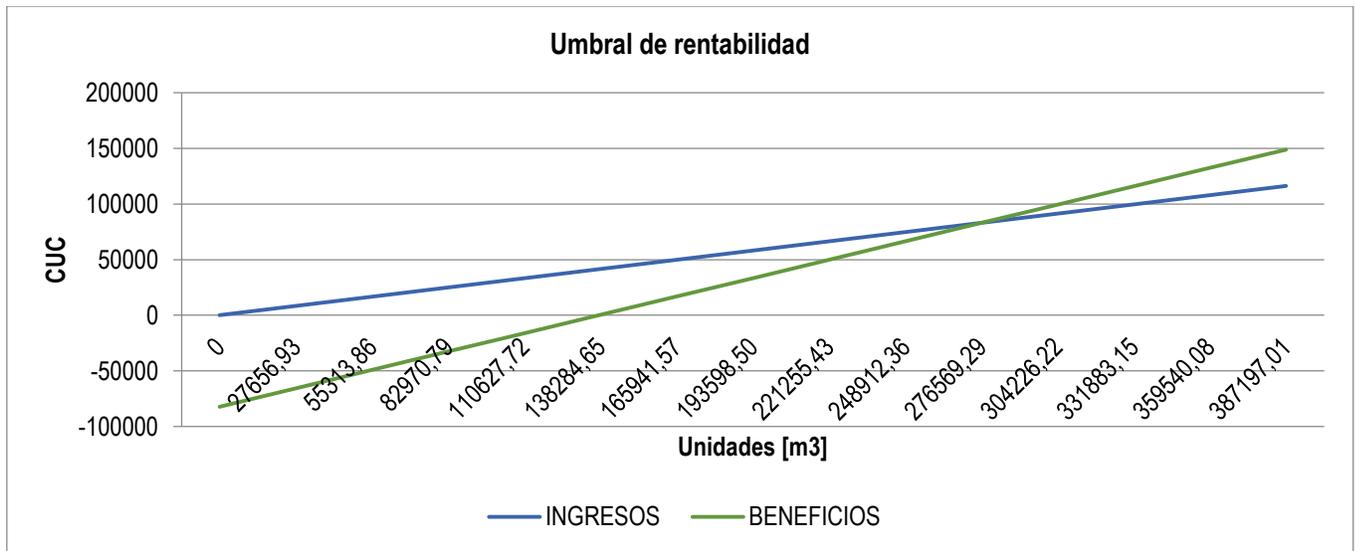


Gráfico3.6 Umbral de rentabilidad bombeo de agua. Fuente: (Elaboración Propia)

### **3.6 Análisis costo beneficio**

Tabla 3.15 Análisis costo beneficio de la inversión. Fuente: (Elaboración Propia)

Costos totales	481,261.78 CUC	(C)
Beneficios	557,161.35 CUC	(B)
B/C	1.15	Por cada CUC invertido se obtienen 1.15CUC

### **3.7 Costos sociales**

La ejecución del proyecto de inversión produce los siguientes impactos:

- **Ambientales:** la reducción de las pérdidas de grandes volúmenes de agua trae aparejado una significativa reducción del consumo de este portador energético, asicado también a la significativa reducción del consumo de energía eléctrica. Esto garantiza la disponibilidad de estos recursos para ser utilizado en otras actividades como el riego en la agricultura y la preservación de los volúmenes embalsados
- **Implicaciones para la infraestructura:** La inversión del nuevo sistema de bombeo produce variaciones en la infraestructura de la instalación por cuanto la tecnología instalada es compatible con los sistemas de recepción de agua y solo se modificarán los elementos componentes del sistema, por lo que no se hace necesario la ampliación del espacio actual utilizado.
- **Ahorros de tiempo:** El nuevo proyecto permitirá lograr rendimientos superiores a los alcanzados en la actualidad por lo que serán bombeados volúmenes menores de agua en tiempos inferiores, reduciéndose los consumos energéticos.

### **Conclusiones parciales**

1. El agua subterránea que se prevé extraer en el presente proyecto es apta para el consumo certificado así por la Empresa de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos Cienfuegos según *(Oficina Nacional de Normalización (NC))*.
2. Luego de realizar el estudio de factibilidad a ciclo completo del proyecto de extracción de agua subterránea existente en el emplazamiento de la empresa CCS.A se obtienen los siguientes resultados: **VAN 578,711.47 CUC, TIR 72%, PRI 2.06 años (2 años y 1mes)**; para recuperar el **desembolso inicial** se necesita el **2%** de la **vida útil del proyecto**, el que puede ser clasificado de **rápida recuperación**. El **punto de equilibrio** se logra con **276569 m<sup>3</sup>** de agua bombeada, valor que representa aproximadamente el **46%** del volumen de **bombeo anual**, por lo que se considera poco probable el no cumplimiento de este nivel de bombeo, por las características de la instalación de bombeo de agua en relación a su disponibilidad (**>95%**).

*Conclusiones*

### **Conclusiones Generales**

1. Las variables de rentabilidad de la inversión del nuevo sistema de bombeo VAN (578,711.47 CUC), TIR (72%) y el PRI (2.06 años) demuestran su factibilidad económica.
2. Para recuperar el desembolso inicial se necesita el 2% de la vida útil del proyecto, el mismo puede ser clasificado como de rápida recuperación.
3. El punto de equilibrio se logra con 276569 m<sup>3</sup> de agua bombeada, valor que representa aproximadamente el 46% del volumen de bombeo anual, por lo que se considera poco probable el no cumplimiento de este nivel de bombeo, por las características de la instalación de bombeo de agua en relación a su disponibilidad (>95%).
4. En general el proyecto no presenta riesgos que pudieran invalidar su ejecución o introducir cambios significativos en su rentabilidad, en primer lugar porque la tecnología es de eficacia comprobada y las pérdidas consideradas fueron extremadamente conservadoras.
5. La instalación del nuevo sistema de bombeo de agua produce una drástica disminución de las pérdidas de agua respecto a la instalación actual, introduciendo un impacto ambiental positivo derivado del ahorro de portadores energéticos y agua.

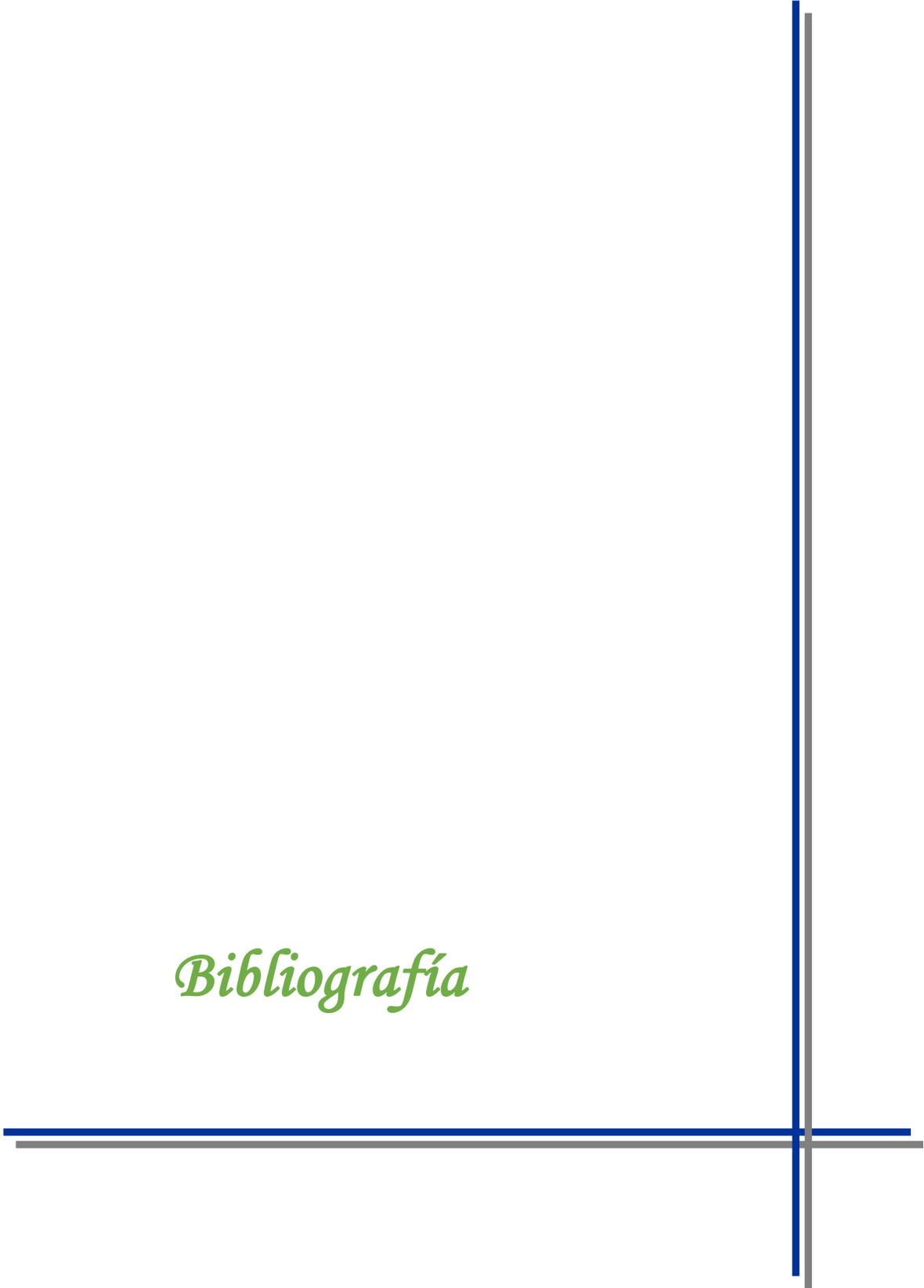
## *Recomendaciones*

### **Recomendaciones**

Una vez concluido este trabajo se recomienda:

1. Generalizar al resto de las empresas del Grupo Empresarial de Cemento la metodología de evaluación financiera ex antes aplicado en este trabajo.
2. Garantizar los ciclos de revisión de los parámetros tecnológicos establecidos para el control del funcionamiento eficiente del sistema de bombeo de agua para excluir posibles desviaciones de su régimen operación.
3. Garantizar los ciclos de mantenimientos establecidos por el fabricante para mantener la disponibilidad técnica establecida por el proyectista.

# *Bibliografía*



## Bibliografía

Organización de las Naciones Unidas para la educación la ciencia y la cultura (s.f.). Recuperado de <http://wwdrii.sr.unh.edu/download.html>

García Valladolid, O. (2013). *Estudio de Factibilidad de Inversión del Reductor Accionamiento Principal del Horno*. (p.90), Cienfuegos, Cuba.

Baumann, D. D., Boland, J. J., & Sims, J. H. (1980). The Cornett Papers. . *The Problem of Defining Water Conservation*, (p. 125-134). (U. o. Victoria, Ed.) Victoria B.C., EUA.

Boza Ramón, M., Delgado Cabrera, O., & Elvira, B. (2019). *Análisis de la Calidad del Agua Técnica*. Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos, Cienfuegos. Cuba.

Cementos Cienfuegos S.A. (2010). Cienfuegos. Cuba.

Cementos Cienfuegos S.A. (2018). Cienfuegos. Cuba.

Comisión Europea. (1999). *Hacia la gestión sostenible de los recursos hídricos: Un enfoque estratégico. Directrices para la Cooperación para el Desarrollo de los Recursos Hídricos 0*. Bruselas, Bélgica.

Decreto-Ley 138/1993 De las Aguas Terrestres. (1993). La Habana, Cuba. Recuperado de <http://www.medioambiente.cu/oregulatoria/cica/legislacion/Decreto%20Ley%20138.pdf>

Díaz Duque, J. A. (2003). *Principales causas de los conflictos por los recursos. Reports; Analyses and Outlooks*.

Dickinson , M. A. (2003). Environmental Improvements to the Watershed'. In: II International Conference Efficient Use and Management of Urban Water Supply. International Water Association. 'Abstract: The Multiple Benefits of Water Efficiency:'. Tenerife, Canaria, España.

Dirección Cuencas Hidrográficas. (2019). *Boletín Hidrológico*. Recuperado el Abril de 2019, de Servicio Hidrológico Nacional: <http://www2.hidro.cu/documentos/boletines/Boldic09.pdf>

Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas. (9 de abril de 2002). Estudio Geotécnico para el molino, secador y clasificador. *ENIA No. 9 abril 2002*. La Habana, Cuba.

Francisco Martín, W., Lopez Batista, E., & Monteagudo Llanes, J. (2006). Gestión y uso racional del agua. (p. 124). (U. d. Cienfuegos, Ed.) Cuba: UNIVERSO SUR.

Gil Martínez, A. (2001). Perfeccionamiento de la metodología de evaluación de proyectos utilizados en el Instituto de Proyectos Azucareros , Universidad de Camagüey, Camagüey. Cuba. Recuperado de <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/tesis/index/asso>

- Global Water Partnership (GWP). (2001). *Los principios de Dublín reflejados en una evaluación comparativa de ordenamientos institucionales y legales para una gestión integrada del agua*. Obtenido de <http://www.cepis.org.pe/bvsarg/e/fulltext/dublin1/dublin1.pdf>
- Grupo Empresarial del Cemento. (2018). *Base de Datos Estadísticas*. La Habana.
- Heredia , R. (1995). Dirección Integrada de Proyectos. Recuperado de <http://www.google.com/cu/search?client=firefox-a&rls=org.mozilla%3AesAR%3Aofficial&channel=s&hl=es&source=hp&biw=1024&bih=317&q=Heredia%2C+R.+%281995%29+%22Direcci%C3%B3n+Integrada+>
- Ley No.81 Ley del Medio Ambiente. (1997).
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. (2004). *Situación ambiental cubana 2004*, 70. La Habana, Cuba. Recuperado de <http://www.medioambiente.cu/download/2004/informecompleto.pdf>
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. (2009). *GEO Cuba 2007. Evaluación del Medio Ambiente Cubano*. La Habana.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). (Julio de 2010). Programa Nacional de Consumo y Producción Sostenible. 2010- 2015. (pag. 100). La Habana, Cuba. Recuperado el Febrero de 2011, de [http://www.redpycs.net/MD\\_upload/redpycs\\_net/File/Políticas\\_y\\_herramientas/prog.%20nac.%20cps%20y%20er%20cuba%20%202010%20oct%202010.pdf](http://www.redpycs.net/MD_upload/redpycs_net/File/Políticas_y_herramientas/prog.%20nac.%20cps%20y%20er%20cuba%20%202010%20oct%202010.pdf).
- Oficina Nacional de Normalización (NC). (s.f.). NC 1021:20XX. La Habana, Cuba.
- Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura. (s.f.). de [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2\\_section\\_2\\_es.pdf](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2_section_2_es.pdf)
- Partido Comunista de Cuba (PCC). (2009). *Proyecto de Lineamientos de la política económica y social del PCC*. Lineamientos , PCC, La Habana, Cuba. Obtenido de <http://www.cubadebate.cu/noticias/2010/11/09/descargue-en-cubadebate-el-proyecto-de>
- Parts Rico, D. (2009). Problemática del Agua. Situación y Perspectivas. (pag. 14- 41). Alicante, España.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2003). *GEO America Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Ciudad México D.F. Obtenido de <http://www.pnuma.org/reclnat/esp/documentos/MANUALDECAPTACION%20oct%202008.pdf>
- Sánchez , A., Smits, S., & Sánchez, L. D. (2003). Reconocer la Realidad del uso múltiple de los sistemas de abastecimiento de agua en zonas rurales. Uso Múltiple del Agua para la vida y

el desarrollo sostenible. *Conferencia Internacional del Agua*. Cartagena de Indias.  
Colombia

Sanchez, L., & Sanchez, A. (2004). Ponencia sobre una perspectiva general temática. *Uso Eficiente Del Agua*, 76. Amberes, Holanda.

Tate Donald, M. (1991). Memorias de Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. Primera parte, Capitulo 2. *Principios del Uso Eficiente del Agua*, (pag. 26-33) . México D.F,

Visscher, J. T. (1996). Evaluación Participativa de 40 Sistemas de Agua y Saneamiento en la República del Ecuador. Universidad del Valle, Cinara. Ecuador.

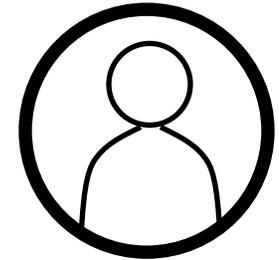
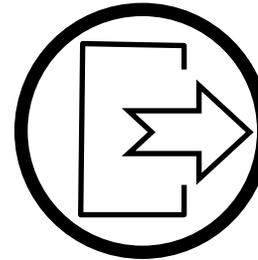
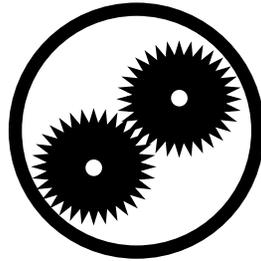
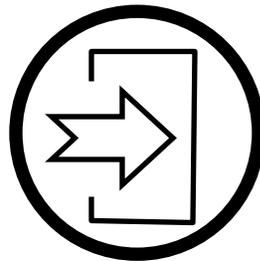
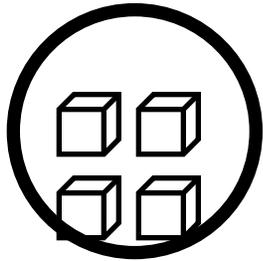
Willmott, C. J., & Feddema, J. J. (1992). A More Rational Climatic Moisture Index. *Professional Geographer*, (p. 84-88).

*Anexos*

Anexo 1

**Diagrama SIPOC**

Procesos para la producción de Cemento en CCSA



**SUMINISTRADORES**

- Geominera
- AS, Cienfuegos
- Empresa de Mantenimiento Cemento
- EAA, Cienfuegos
- UNE, Cienfuegos
- CUBALUB
- UDECAM
- CUBIZA
- IZAJE
- SEPSA
- CEDAI
- COMETAL
- MIMVEX
- TRASMETRO
- Ferrocarriles
- Empresa de Transporte
- Cubana de Aviación
- Cuba Control
- SERVITALLE
- MAMBISA
- AGR

**ENTRADA**

- Petcoke
- Agua
- Energía Eléctrica
- Arcilla
- Marga
- Caliza
- Harina
- Clinker
- Yeso
- Puzolana

**PROCESO**

- Producción de Harina
- Producción de Clinker
- Producción de Cemento Portland

**SALIDA**

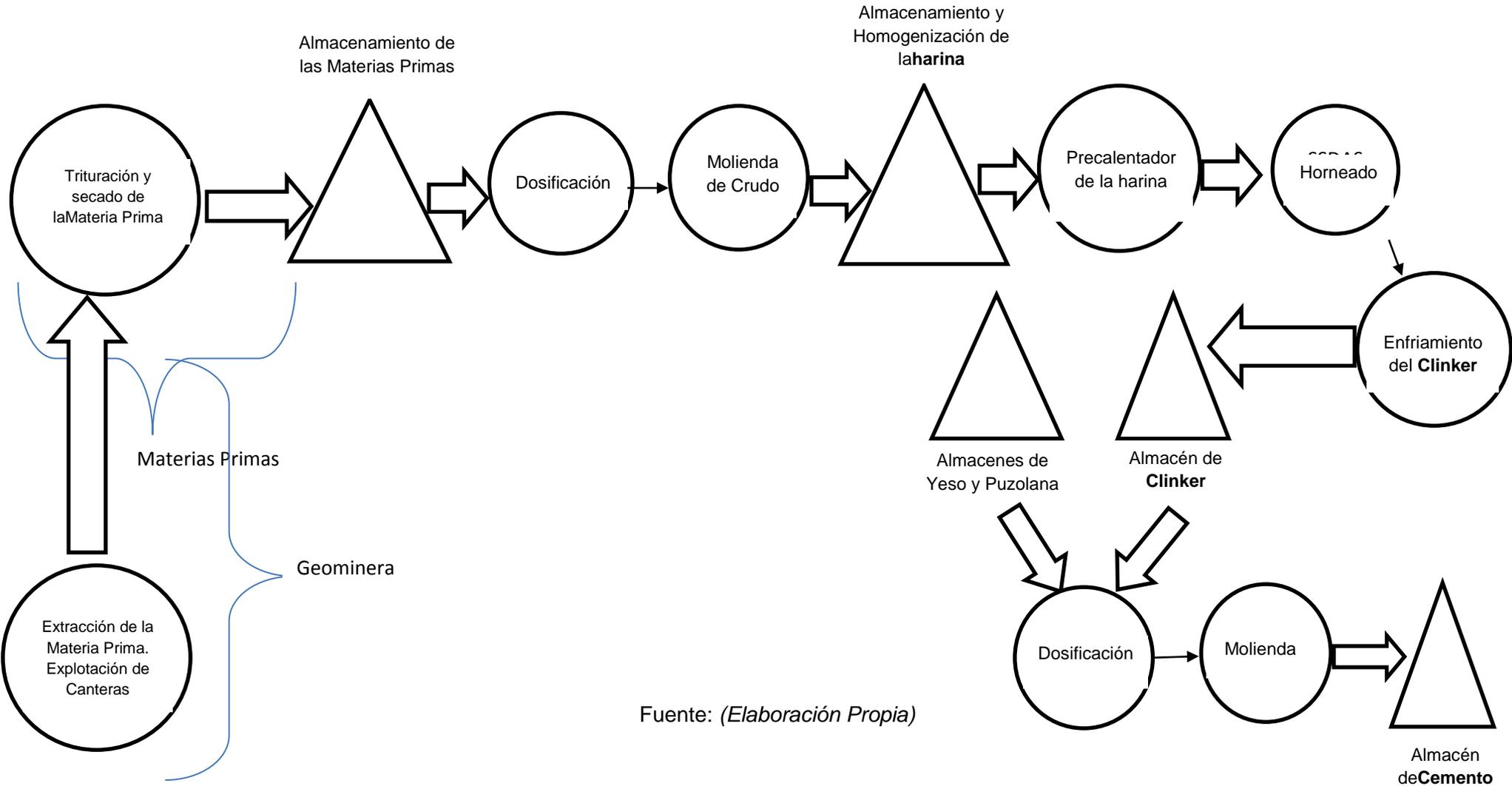
- Harina
- Clinker
- Cemento Portland

**CLIENTES**

- Unidad de Base Empresarial Comercializadora de Cemento (UBECOCEM).

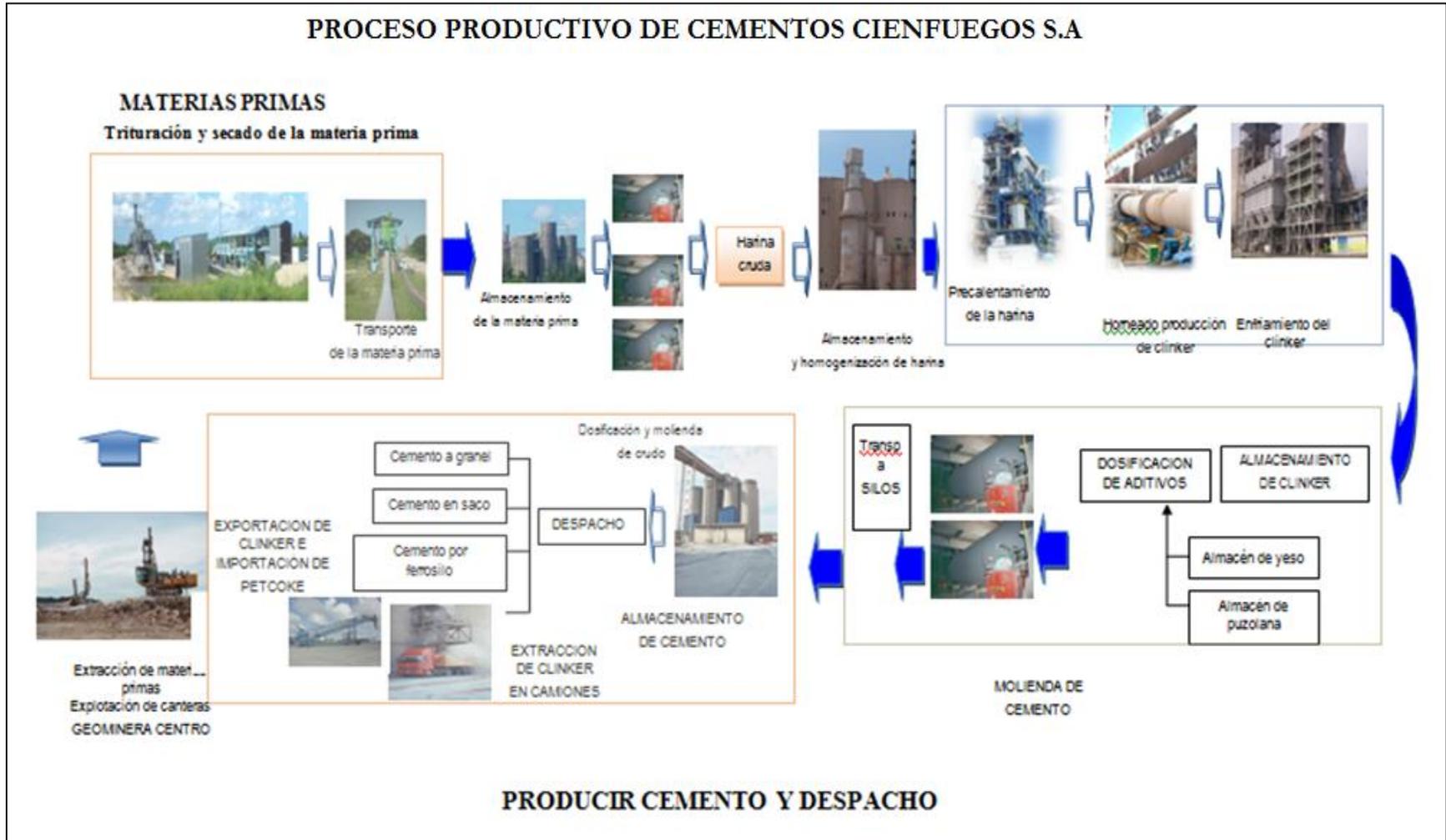
## Anexo#2 Diagrama OTIDA

### Flujo del Proceso Productivo en CCSA



Fuente: (Elaboración Propia)

Anexo#3



Fuente: (Cementos Cienfuegos S.A, 2010).

#### **Anexo#4**

### **Normas y procedimientos para el diagnóstico de la calidad del agua técnica**

#### Documentos Normativos utilizados:

- NC: 1021 "Higiene comunal-Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, SMWW
- NC 1095: 2015 Norma Cubana: Microbiología del agua. Detección y enumeración de cordiformes. Técnicas del número más probable (NMP)

#### Procedimientos de la toma de muestra del agua

En el tanque una vez transcurrido 10 min de abrir la válvula de entrada se procederá a tomar la muestra según el procedimiento PT-03 Muestreos, de la UEB de la ENAST en el territorio

En la torre de enfriamiento se tomó directamente en la misma, también utilizando el procedimiento PT-03 Muestreos, de la UEB de la ENAST en el territorio.

#### Procedimiento de los análisis de las muestras en el laboratorio

La muestra fue enviada al laboratorio en el que se le realizaron los análisis según los métodos que se relacionan en la tabla 1 muestra a continuación:

Tabla 1: Métodos a emplear en el análisis de la muestra en el laboratorio

Ensayo	Documentación que ampara el ensayo	Método
PH	PA01 Determinación del Ph	Método electrométrico
CE	PA02 Determinación de la conductividad eléctrica	Método de laboratorio
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PA03 Determinación carbonatos, bicarbonatos y alcalinidad total	Método de valoración
HCO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	PA03 Determinación carbonatos, bicarbonatos y alcalinidad total	Método de valoración
CL <sup>1-</sup>	PA04 Determinación de cloruro	Método de argentométrico
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PA05 Determinación de sulfato	Método espectrofotométrico
Ca <sup>2+</sup>	PA06 Determinación de calcio	Método trimétrico con EDTA
Mg <sup>2+</sup>	PA06 Determinación de calcio, magnesio y dureza total	Método de cálculo
NO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	PA09 Determinación de nitrato por UV	Método por UV
CTT	PA21 Determinación del número más probable de coliforme total termotolerantes y Escherichia coli	Técnica de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliforme
CT	PA21 Determinación del número más probable de coliforme total termotolerantes y Escherichia coli	Técnica de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliforme

Fuente: (Boza Ramón, Delgado Cabrera, & Elvira, 2019)

Análisis de los resultados

Se tomó una muestra del procedimiento PT-03 Muestras de la UEB de la ENAST para la Realización de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos.

## Anexo#5

### Normas y procedimientos para el diagnóstico de la calidad y posibilidad de explotación de los pozos existentes en el emplazamiento

Se realizaron bajo las normas cubanas, Leyes y Decretos leyes siguientes:

- NC 827: 2017 Agua Potable – Requisitos sanitarios.
- NC 1192: 2017 Determinación de la zona de protección sanitaria en fuentes de abasto de agua subterráneas.
- Ley No. 81 Del medio ambiente.
- Ley No. 124 Delas Aguas terrestres.
- Decreto ley No. 62 Implementación del sistema internacional de unidades.
- N.C- 1021.2014. Fuente de Abasto de Agua, Calidad y Protección Sanitaria.

Para llevar a cabo el estudio fue necesario la aplicación de los métodos directo e indirecto para conocer el volumen de agua que puede estar disponible para el abasto de agua de la fábrica de manera que sea sostenible con su régimen de explotación, los métodos son:

Métodos indirectos: los datos se obtienen desde fuera, sin introducirse en el interior del objeto de estudio, en este caso los métodos informáticos para el procesamiento e interpretación de los datos de la geomorfología, así como el procesamiento de datos de archivo sobresaliendo los sistemas de información geográfica a través de mapinfo (versión 10.5).

Con este método se toman las coordenadas geográficas empleando el GPS para posteriormente procesarla por 4 los programas informáticos Oxiexplorer e ILWIS los que facilitaran la conversión de las coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos) a planas rectangulares (Lambert, expresadas en metros). Las cuales plotearan para dar la ubicación del pozo en un mapa de escala 1:25 000 el cual posee los estudios de la isotranmisibilidad y en otro que completa con la geología.

Métodos directo: los datos se obtienen de forma directa desde el interior del objeto de estudio.; las pruebas las pruebas hidrogeológicas, siendo los bomberos los más interesados en los estudios de los acuíferos. Se vinculan más a etapas directas donde ganan en peso en las determinaciones directas de las propiedades

Este método posibilitara tomar los parámetros hidráulicos que posee el pozo a partir del instrumento nombrado Lever Meter con el que se obtienen los valores de la profundidad total del pozo, el nivel estático y el nivel dinámico. Se realizan los cálculos de aforo de la bomba instalada a partir del método de la escuadra invertida empleándose una escuadra de madera y se corrobora con el sistema de aforo volumétrico empleando un tanque de 55 galones. El análisis el abastecimiento del pozo se realiza a partir de distintos tiempos de bombeo a los que se les aran sus mediciones a los distintos niveles dinámicos. Posteriormente se efectúa el cálculo de la eficiencia del pozo para analizar cuál será su régimen de explotación.

Identificación del pozo objeto de estudio:

A partir del uso del GPS y los programas Oxiexplorer4 e ILWIS se pudieron convertir las coordenadas geográficas (latitud- 22°09'22.25"N, longitud- 80°19'12...50"O) en planas rectangulares (X-570105,78, Y-258.952) y se plotearon en el SIG Mapinfo ubicando así el pozo como un punto al que se le agregaron las capas de planos técnicos de geología, topografía, transmisibilidad entre otros, obteniéndose los siguientes datos:

Parámetros hidrogeológicos:

Transmisibilidad de Darcin ( $T_D$ ):  $1000\text{m}^2\cdot\text{d}^{-1}$

Conductividad hidráulica ( $K_D$ ):  $50\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$

Geología:

Formación Vaquería (vqr): presenta una litología caracterizada por tener calizas microgranulares, arenosas, detríticas, foraminíferas, con jeroglifos, margas calcáreas, arenosas arcillosas; que alteran con capas o paquetes de tobas vitroclásticas y cristalovitroclásticas, brechas conglomerados calcáreos arcillas bentónicas limonitas y gravelitas cálcaselas. Las margas y calizas tienen textura masiva a veces granular. Toda la unidad presenta un aspecto característico de flysch. Pertenece como edad al Cretácico Superior (Maastrichtiano Superior) Eoceno Medio. Con un espesor de 800m aproximadamente. De acuíferos extensos debajo de capa de sedimento.

Evaluación de la disponibilidad de agua existente en el pozo: Se tomaron los parámetros hidráulicos que poseía el pozo a partir instrumento nombrado Lever Meter con el que se obtuvieron los valores de la profundidad total del pozo, nivel dinámico del mismo. Estos datos se muestran a continuación:

Datos Iniciales

$P_T = 20\text{m}$

$N_E = 3.30\text{m}$

Altura del Brocal = 0.60m

Diámetro del Pozo = 0.50m

Se realizaron diferentes estudios: dos cálculos del gasto de la bomba con distintos aforos y tres para analizar el comportamiento del abastecimiento del pozo

En el caso de los cálculos del gasto de la bomba fueron realizados por el método de la escuadra y el método volumétrico estos se explican a continuación.

Método escuadra invertida: Se tomaron los valores de la distancia horizontal (X), el valor de la distancia vertical (Y), así como el diámetro de la tubería, obteniéndose los datos siguientes

Datos Iniciales

$X = 0.23\text{m}$        $\phi = 1.5'' = 0.0381\text{m}$        $r = 0.011905\text{m}$        $Y = 0.10\text{m}$

$Q = ?$

Donde:

$\phi$ - diámetro de la tubería

r- radio de la tubería

X- Distancia de recorrido horizontal del agua

Y- Distancia del recorrido vertical donde el agua declina

Luego se aplicó la ecuación formulada en el Excel obteniéndose un gasto de  $1 \text{ l.s}^{-1} = 0.001 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$

Con el sistema volumétrico se corroboró el gasto de la bomba obteniéndose similares valores los cuales fueron:

Datos Iniciales

$V = 55 \text{ gal (gal(US) = 208.1976 \text{ l})}$

$T_B = 2.53 \text{ min}$

$Q = ?$

Donde:

Gal(US)- galón en unidades de Estados Unidos

$T_B$ = Tiempo de bombeo

V- Volumen del tanque

$N_D$ - nivel dinámico

$N_E$ - nivel estático

S- abastecimiento del pozo

$P_T$ - profundidad del pozo total

$Q = 55 \text{ gal(US)} / 2.53 \text{ min} = 21.739 \text{ gal(US).min}^{-1} = 118.499 \text{ m}^3.\text{dia}$

Con estos dos métodos de cálculos se pudo apreciar que el aforo efectuado a la bomba de un gasto de  $11 \text{ l.s}^{-1}$ , esta presentaba una regulación de cerca de  $1 \text{ l. s}^{-1}$  su gasto, debido a que las mangueras de contra incendio instaladas se mantuvo muy dobladas.

Posteriormente se dejó bombeando de alrededor de una hora para conocer el abastecimiento resultante cuyos datos fueron:

Datos Iniciales

$T_B=0.57\text{min}$

$N_D=3.75$

$N_E=3.33\text{m}$

$S=N_D-N_E=3.75\text{m}-3.33\text{m}$

$S=0.42\text{m}$

**Nota:** para este tiempo establecido se abatió el pozo  $0.42\text{m}$ . Por lo que calculando para 8 horas de trabajo y con el mismo gasto descendería  $6\text{m}$  su nivel

Luego se dejó bombeando desde las  $1:30\text{pm}$  hasta las  $2:10\text{am}$ ; en este periodo de tiempo se llenó la cisterna y a las  $9:35\text{am}$  es decir en 7 horas el pozo se encontraba recuperado con un nivel estático de  $3.35\text{m}$

Por ultimo para comprobar que la recarga del pozo no fuera influenciada por los volúmenes de agua existentes en el túnel adyacente por lo que se somete a medición el mismo y se comienza el bombeo a las  $10:11\text{am}$  hasta las  $3:11\text{pm}$  verificando que esta no es su fuente de recarga y no vario su nivel en el punto medio.