



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
CAMPO DE CONOCIMIENTO TECNOLOGÍA

ANÁLISIS DEL POTENCIAL DEL BIOGÁS PARA **COGENERAR** EN HOSPITALES
CASO DE ESTUDIO: C.M.N. 20 DE NOVIEMBRE, ISSSTE.

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN ARQUITECTURA

PRESENTA: **ARQ. ERICK GENARO ZÁRATE JIMÉNEZ**

DIRECTOR DE TESIS: **DRA. AZUCENA ESCOBEDO IZQUIERDO.**
FACULTAD DE INGENIERÍA

SINODALES:

DRA. ALEJANDRA CASTRO GONZÁLEZ.
FACULTAD DE INGENIERÍA
MTRO. LEONARDO ZEEVAERT ALCÁNTARA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MTRO. JORGE LEJOSTRO RANGEL DÁVALOS
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MTRO. ERNESTO CAMPOS RUIZ
FACULTAD DE ARQUITECTURA

MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

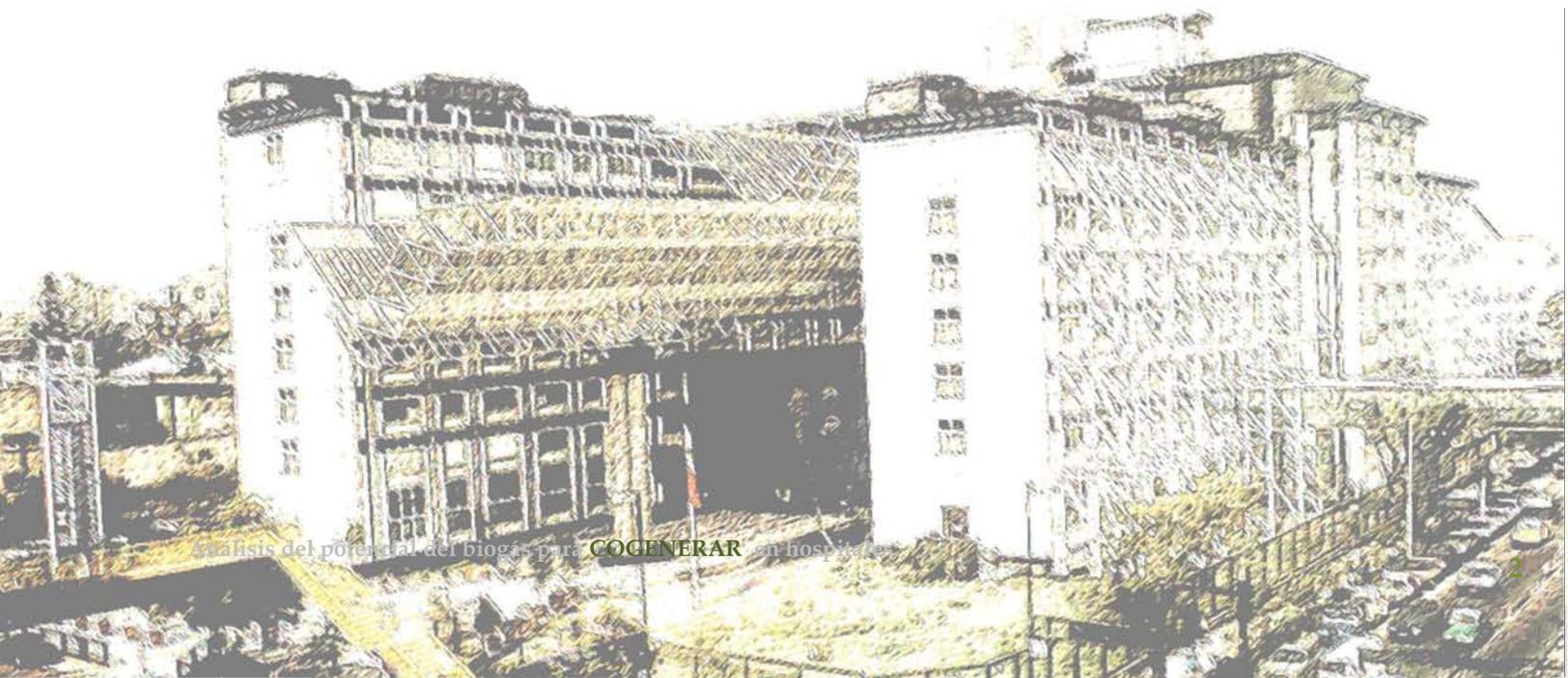


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





Análisis del potencial de biogás para cogenerar en hospitales.
C.M.N. 20 de Noviembre ISSSTE

Arq. Erick Zárate

Hago extensivo mi agradecimiento al programa de becas **CONACYT** por su apoyo y patrocinio durante la realización de este proyecto de investigación.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**, por darme la oportunidad de formarme en cada una de sus instalaciones. Por ser mi alma mater.

De igual manera agradezco la oportunidad brindada por parte del **ISSSTE**, en especial a la Dirección de Servicios Generales, al **Lic. Guillermo Zapién Heredia** por su apreciable colaboración y aportación de información clave para este proyecto.

A mis **Sinodales** por su valiosa participación en la revisión del presente trabajo de investigación, así como también por sus importantes sugerencias para mejorarlo. Gracias por su enorme paciencia, sus alegrías y regaños.

Al **Ing. Enrique Morales** por la sustanciosa asesoría brindada en materia de cálculos termodinámicos, algo complejo para un arquitecto.

A mi madre, la **Sra. Fidelina Álvarez Vda. de Zárate** por ser el motor principal en todo momento, por su ejemplo de vida, gracias por enseñarme tanto. Eternamente agradecido.

Al **Arq. Fernando Garduño Bucio** por su apoyo incondicional, generoso y desprendido durante toda mi formación profesional otorgándome incalculables valores. Por siempre estar ahí.

A todos mis amigos que me acompañaron en este proceso, por compartir sus conocimientos sin límites y su amistad sincera. Gracias **Rich** por la paciencia y eterna disposición. Un millón de gracias.

Tabla de contenido

Índice de Gráficas	9
Índice de Ilustraciones	10
Índice de tablas.	11
Listado de Anexos.	12
Introducción	13
I. MARCO TEÓRICO	15
1.1 <i>¿Qué es la cogeneración?</i>	17
1.2 <i>Panorama mundial de la cogeneración.</i>	18
1.3 <i>Experiencias internacionales de promoción de la cogeneración.</i>	19
1.4 <i>Experiencias internacionales en aplicación de la cogeneración a hospitales.</i>	21
1.5 <i>La cogeneración en México</i>	23
1.5.1 <i>Experiencias de promoción de la cogeneración en el país.</i>	23
1.5.2 <i>Potencial de cogeneración en México</i>	28
1.6 <i>Potencial de cogeneración en un hospital.</i>	29
II. Sistemas de cogeneración	33
2.1 <i>Ventajas y beneficios</i>	35
2.2 <i>Elementos de un sistema de cogeneración</i>	35
2.3 <i>Clasificación de los sistemas de cogeneración</i>	36
2.4 <i>Clasificación por tipo de motor primario</i>	37
2.4.1 <i>Motores de combustión interna</i>	37
2.4.2 <i>Motores de ciclo combinado</i>	38
2.4.3 <i>Turbinas de gas</i>	38
2.4.4 <i>Turbinas de vapor</i>	39
2.5 <i>Marco institucional, legal y regulatorio aplicable a la cogeneración</i>	39
2.5.1 <i>Marco institucional</i>	40
2.5.2 <i>Marco legal y regulatorio</i>	41
2.6 <i>Aplicaciones de la cogeneración</i>	41

III. Residuos.	43
3.1 Definición	45
3.2 Propiedades de los residuos	46
3.2.1 Composición física-química de los residuos.	46
3.3 Combustibles resultantes de la recuperación de residuos.	48
3.3.1. Biogás.	48
3.3.2 Gas de síntesis (syngas)	50
3.4 Residuos generados en los hospitales	52
3.4.1 Tipos de desechos	54
IV. Método	57
4.1 Descripción de caso de estudio.	60
4.2 Método	63
4.2.1 Análisis energético.	64
4.2.2 Facturación térmica	66
4.3 Análisis de generación de residuos.	69
4.3.1 Producción de basura municipal	69
4.3.2 Producción de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI).	73
4.4 Análisis de producción de combustibles	75
4.4.1 Producción de biogás	75
4.4.2 Sistema de gasificación	80
4.5 Diseño y análisis del sistema de cogeneración.	83
4.5.1 Selección del motor	84
4.5.2 Análisis termodinámico.	85
4.5.3 Ubicación del sistema.	86
V. Análisis económico	87
5.1 Análisis sistema de cogeneración con gas natural.	89
Resultados	93
Conclusiones	95
<u>Trabajos citados</u>	99

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Demanda eléctrica del CMN 20 de Noviembre. Demanda base, intermedia y punta en un periodo 11 meses.	64
Gráfica 2. Consumo eléctrico del CMN 20 de Noviembre. Consumo base, intermedio y punta en un periodo 11 meses.	65
Gráfica 3. Consumo eléctrico del CMN 20 de Noviembre. Consumo total en un periodo 11 meses.	65
Gráfica 4. Costos totales en energía eléctrica al 2013. CMN 20 de Noviembre.	66
Gráfica 5. Consumo de diésel durante 2013 en el CMN 20 de Noviembre.....	66
Gráfica 6. Pagos de diésel durante el 2013 en el CMN 20 de Noviembre.	67
Gráfica 7. Consumo de gas en el 2013. CMN 20 de Noviembre.....	68
Gráfica 8. Pagos de gas en el 2013. CMN 20 de Noviembre.	68
Gráfica 9. Producción de basura orgánica en el 2013. CMN 20 de Noviembre.....	71
Gráfica 10. Producción de basura inorgánica en el 2013. CMN 20 de Noviembre.	72
Gráfica 11. Producción de residuos sólidos municipales en el 2013. CMN 20 de Noviembre.....	72
Gráfica 12. Costo por recolección de basura municipal en el 2013. CMN 20 de Noviembre.....	72
Gráfica 13. Producción de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos en el 2013. CMN 20 de Noviembre.....	73
Gráfica 14. Costo de recolección de RPBI en el 2013. CMN 20 De Noviembre	74
Gráfica 15. Producción de biogás con residuos orgánicos generados.	79
Gráfica 16. Periodo de recuperación descontado	91
Gráfica 17. Costos anuales por operación del C.M.N. 20 de Noviembre.	96

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Potencial de cogeneración en México por sectores.....	28
Ilustración 2. Potencia instalada en Cogeneración en México.....	28
Ilustración 3. Clasificación de los sistemas de cogeneración	36
Ilustración 4. Alternativas para la recuperación de residuos.	46
Ilustración 5. Sistema de cogeneración.	48
Ilustración 6. Jerarquía de residuos hospitalarios, residuos médicos e infecciosos.....	53
Ilustración 7. Conjunto del C.M.N. 20 de Noviembre.	61
Ilustración 8. Marco de actuación del C.M.N. 20 de Noviembre.	62
Ilustración 9. Reactor Anaerobio experimental	76
Ilustración 10. Modelo JGC 312 GS-L.K de la Marca Jebancher.	80
Ilustración 11. Sistema de Gasificación por pirolisis. Grupo Hoskinson	81
Ilustración 12. Motor JMC 316 GS-NL. Jenbacher	84
Ilustración 13. Variables de salida en un sistema de cogeneración.....	85
Ilustración 14. Localización del Módulo de cogeneración en el CMN 20 de Noviembre...	86

Índice de tablas.

Tabla 1 Resultado de la identificación de sectores focales.	27
Tabla 2. Tipo y número de hospitales en México	30
Tabla 3 . Tecnologías de cogeneración con su respectiva relación Q/E, eficiencia eléctrica y eficiencia global.....	37
Tabla 4. Normas internacionales para el estudio de muestras de Residuos Sólidos.....	46
Tabla 5. Composición físico-química de los residuos.	47
Tabla 6. Tipo de residuos hospitalarios.	54
Tabla 7. Productividad global de raciones en el CMN 20 de Noviembre.....	70
Tabla 8. Tipos de dietas en el CMN 20 de Noviembre.....	70
Tabla 9. Principales residuos orgánicos en el CMN 20 de Noviembre.....	70
Tabla 10. Producción de basura orgánica y de potencial de biogás en CMN 20 de Noviembre.....	77
Tabla 11. Dimensionamiento del digestor.....	77
Tabla 12. Volumen de lodos producidos.....	78
Tabla 13. Cálculo de producción de biogás.....	78
Tabla 14. Volumen para almacenamiento de biogás.....	79
Tabla 15. Diámetro para el digestor.....	79
Tabla 16. Dimensiones motor JMC 316 GS-NL.....	84
Tabla 17. Datos para realizar el análisis económico. Vida económica, tasa de descuento, tasa de cambio y factor de planta estimados.....	89
Tabla 18. Inversión total Sistema.	90
Tabla 19. Consumo de gas natural anual.....	90
Tabla 20. Costos por mantenimiento motor	90
Tabla 21. Ahorro obtenidos del sistema de cogeneración.....	91

Listado de Anexos.

- Anexo 1: Energía eléctrica TOTAL consumida en el C.M.N. 20 de Noviembre.
- Anexo 2: Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'Hospital 20 de Noviembre'.
- Anexo 3: Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Laboratorios'.
- Anexo 4: Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Edificios Médicos'.
- Anexo 5: Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Edificios Estacionamiento'.
- Anexo 6: Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Edificios Taller de Manufactura'.
- Anexo 7: Consumo de GAS.
- Anexo 8: Consumo de DIÉSEL.
- Anexo 9: Facturación de Residuos Municipales recolectados.
- Anexo 10: Facturación de R.P.B.I.'s recolectados.
- Anexo 11: Producción de biogás.
- Anexo 12: Análisis termodinámico.
- Anexo 13: Análisis económico GASIFICADOR.
- Anexo 14: Análisis económico sistema de COGENERACIÓN.

Introducción

La producción energética actual en México en su mayoría se da a través de centrales hidráulicas y centrales térmicas a partir de combustibles fósiles, es importante considerar otras fuentes de energía como lo son los combustibles alternativos.

El alto índice de polución y desgaste ecológico que se ha alcanzado en la actualidad nos exige trabajar por un ambiente saludable y buscar medidas que regulen nuestra naturaleza, simplemente ya no se trata de una elección. Siendo el fomento a la salud su objetivo principal, el sector salud no puede sentirse ajeno a esta situación. Al contrario, es responsable de liderar el cambio reduciendo su propio impacto sobre el ambiente y garantizando que sus recursos no sean derrochados en el empleo de tecnologías y prácticas que generen nuevos problemas ecológicos.

Esta investigación tiene como principal objetivo *analizar la fracción orgánica de los residuos generados en un hospital, su respectivo tratamiento mediante la digestión anaerobia para la producción de biogás y su pertinente aprovechamiento*. La puesta en marcha de estos tratamientos permite, por un lado, que estos residuos no sean enviados a un relleno sanitario, donde terminarían contaminando el ambiente, y por otro, que se obtengan como resultados productos útiles.

Es así como “el biogás se presenta como una opción innovadora para cogenerar logrando una independencia energética en los hospitales”.

El sector salud puede desempeñar un papel esencial en la mitigación de los efectos del cambio climático global atendiendo soluciones que limiten su huella climática a causa de que los hospitales son instituciones que hacen un uso intensivo de energía y recursos, y tal como funcionan hoy, contribuyen elocuentemente a estos cambios, al tiempo que favorecen involuntariamente las afecciones respiratorias y de otra índole. El suministro, la utilización de los recursos, el transporte, otras prácticas y políticas contribuyen a la imponente huella climática del sector hospitalario.

Mitigando esta huella y acercándose hacia la neutralidad en las emisiones de carbono, las clínicas y hospitales pueden mostrar el ejemplo a seguir en respuesta al tan pronunciado cambio climático, mostrando de esta forma un rol de liderazgo para la conservación de un futuro saludable y sostenible.

Dentro de los alcances de esta investigación se espera *analizar la viabilidad técnica y económica de un sistema de cogeneración en un hospital público, que funcione a partir del biogás*, en el caso específico de la tesis se trataría del Centro Médico Nacional (CMN) 20 de Noviembre.

Así también algunos puntos específicos como: analizar la producción de biogás con los residuos orgánicos para la optimización de su potencial energético, establecer alternativas de generación de energía en el hospital con un sistema de cogeneración, determinar la factibilidad técnica-ambiental y evaluar la viabilidad económica examinando su respectivo ahorro energético.

Este trabajo se realiza con la finalidad de presentar un panorama de las diversas tecnologías para tratamiento de los residuos sólidos generados en un hospital, debido a que es necesario mostrar soluciones (bajo el principio de sustentabilidad) a la problemática que vive el Distrito Federal en materia de disposición final de residuos sólidos urbanos evitando la disposición final de los mismos en los rellenos sanitarios, los cuales además de generar un inconveniente ambiental, requieren amplias extensiones de suelo, que son inexistentes en las grandes ciudades como el Distrito Federal.

En el estudio se hace un análisis de los gastos energéticos que tiene anualmente el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre y la posibilidad de un ahorro por la energía obtenida a partir de los residuos no infecciosos que genera.

En el primer capítulo se presenta el término cogeneración, sus antecedentes, las

diferentes tecnologías existentes y una breve descripción de la situación en el mundo y particularmente de México en este rubro, lo cual nos servirá para definir y describir los sistemas de cogeneración en el capítulo dos.

Posteriormente, en el tercer capítulo, se describe a groso modo los residuos, y específicamente se hace una descripción de la generación de todos los residuos generados en el hospital, haciendo una distinción clara de que solo se utilizaran para esta investigación los residuos comunes descartando así los residuos peligrosos biológico-infecciosos (R.P.B.I.'s). En el cuarto capítulo, que corresponde a la etapa del método, se revisa la facturación del suministro energético, posterior se realiza el análisis de la producción de cada uno de los residuos, se hace la respectiva propuesta para la obtención del combustible y así culminar con la selección de la tecnología de cogeneración que será la propuesta para el Centro Médico a través de analizar parámetros como la demanda eléctrica y térmica y la relación entre ambas.

Finalmente, para el quinto capítulo se elabora un estudio económico donde los resultados darán pauta a la elaboración de las conclusiones de este análisis y los factores adicionales que se deben considerar para llevar a la práctica la propuesta recomendada.



I. MARCO TEÓRICO





Análisis del potencial del biogás para COGENERAR en hospitales.

El suministro de energía es innegablemente uno de los elementos más preocupantes en países desarrollados, y sin duda para los que se encuentran en vías de desarrollo. El progreso de la tecnología y la sobreexplotación de los recursos globales han creado un desequilibrio entre la oferta y la demanda de energía.

La cogeneración no es desde luego un concepto nuevo, ya que hace más de cien años que los europeos, aprovechaban el calor residual de las centrales eléctricas. Tal y como hoy es conocida, se puede decir que la cogeneración se inició a finales del siglo pasado, extendiéndose de ahí a Estados Unidos.

Refiriéndonos concretamente a la experiencia norteamericana, podemos decir que hacia 1900 la cogeneración suministraba alrededor de la mitad de toda la energía producida en Estados Unidos. (Centeno & Frederick, 2005)

A principios de S.XX se inició una rápida electrificación lo que disminuyó el uso de la cogeneración, no obstante, tiempo después al subir los precios de los combustibles fósiles vino un incremento a la electrificación es entonces cuando los factores de costos que llevaron a los usuarios a sustituir la cogeneración por la electricidad de la red, son los que han impulsado el incremento de la cogeneración otra vez estos últimos años, en otras palabras, el costo de la energía eléctrica suministrada por la red pública ha experimentado un incremento muy significativo.

1.1 ¿Qué es la cogeneración?

La cogeneración se define como la producción de energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos; cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica. (Ortiz Monasterio Quintana, 2012) . Estos combustibles pueden ser de origen fósil como por ejemplo, el gas natural, combustóleo, o renovable como lo son residuos agrícolas y forestales, biogás e inclusive el mismo hidrógeno podría funcionar.

El principio fundamental de la cogeneración es la recuperación del calor residual producto de la combustión en una planta generadora de electricidad, el cual, de otra forma, hubiera sido liberado en el medio ambiente, desperdiciando con ello una parte importante de la energía todavía disponible. Esta energía, en la mayoría de los casos, puede ser todavía utilizada en diversos usos finales como calefacción de espacios, calentamiento de agua, así como otros procesos térmicos o de refrigeración que se encuentren cercanos a la planta de cogeneración.

La cogeneración proporciona entre 20 y 45 por ciento de ahorro de energía primaria únicamente por su eficiencia de conversión, además de reducir las pérdidas en transmisión y distribución de energía eléctrica, resultado de la fricción y el calor (efecto Joule) cuando se transmite desde la planta generadora hasta el consumidor. (Ortiz Monasterio Quintana, 2012)

La cogeneración es, hoy, la alternativa más eficiente de conversión de la energía primaria a energía útil, por lo que resulta una de las mejores opciones de conservación de energía orientada a lograr un desarrollo sustentable. La cogeneración es frecuentemente conocida como una de las soluciones más eficientes para lograr la reducción del consumo de energía primaria y la reducción de las emisiones de efecto invernadero; además el uso eficaz de la energía mediante la cogeneración contribuye eficazmente a la seguridad y diversificación del abastecimiento de energía, acercando la generación al punto de consumo.

1.2 Panorama mundial de la cogeneración.

La Agencia Internacional de la Energía estima que el potencial de cogeneración instalada a nivel global es de 330 GW y representa un 9% de la electricidad producida (Agency, 2008). Sin embargo, en las grandes economías del G8 (a excepción de Rusia), la cuota de producción eléctrica de

cogeneración es baja. Alemania es un buen ejemplo de desarrollo de cogeneración, contando con una potencia instalada de 20 000 MW y una cobertura de la demanda eléctrica con cogeneración del 12.5% y acelerando su implementación gracias a incentivos gubernamentales.

Es difícil establecer estadísticas fiables y comparables sobre la cuota de producción de cogeneración respecto a la producción total en distintos países del mundo y no todos los países recogen sistemáticamente información sobre ello. Dinamarca es ejemplo de un país que cuenta con más del 50% de la producción eléctrica de cogeneración. Ello se debe al alto desarrollo de la energía descentralizada con cogeneración, que ha contribuido notablemente a la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero.

A nivel mundial existe una fuerte tendencia que intenta demostrar las ineficiencias de los sistemas de generación de energía eléctrica centralizados y propone que un esquema descentralizado puede representar ventajas técnicas y económicas interesantes. Estos sistemas son comúnmente conocidos como Generación Distribuida y entre sus tecnologías de aplicación destaca la Cogeneración. En años recientes, algunos desarrolladores de proyectos han encontrado en el sector hospitalario una oportunidad viable e interesante para la cogeneración.

A pesar de lo expuesto y de las políticas de promoción implementadas en distintos países, según datos de la Agencia

Internacional de Energía (AIE), la participación de la cogeneración, a nivel mundial, respecto de la generación global de energía eléctrica, ha permanecido estancada durante los últimos años en valores cercanos al 9%. Según reportes de esta Agencia, sólo 5 países han logrado una expansión exitosa de la cogeneración hasta alcanzar una participación de entre un 30% a un 50% de la generación total de energía eléctrica la mayor parte correspondiendo a sistemas de cogeneración con calefacción urbana, que no aplican en México (Dinamarca, Finlandia, Rusia, Letonia y Holanda).

En un segundo grupo de países, esta participación se encuentra en el rango del 10% al 20% (Hungria, Polonia, República Checa, Austria, China y Alemania). Pero persiste el interrogante para hallar las causas que expliquen el lento proceso de expansión de esta alternativa tecnológica. (CONUEE, 2009)

La conciencia de los países importantes de considerar los efectos negativos que genera el hombre en su propio planeta (ambiental, social, económico), traducido a un término que posteriormente se llamaría “desarrollo sustentable”, se formaliza internacionalmente a partir de 1987 con la comisión Brundtland.

Luego de varios acuerdos intermedios, la voluntad de los países desarrollados de proteger especialmente el medio ambiente se plasma en diciembre de 1997 en el Protocolo de Kyoto, emanado de las Naciones Unidas dentro de su convención de cambio

climático, donde un grupo de países se comprometieron a limitar o reducir sus Gases de Efecto Invernadero (GEI), persiguiendo un objetivo específico reducir en 5% la suma de GEI en el período 2008-2012, respecto de los niveles registrados en 1990.

Los esfuerzos actualmente muestran que estas metas no se cumplirán, aunque se han adoptado medidas en varios de ellos que apuntan en la dirección correcta.

Uno de los procedimientos que utiliza este protocolo para su implementación, es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que abre la posibilidad a los países en vías de desarrollo a contribuir en la reducción de GEI de los países que han adherido el protocolo.

Lo anterior, sumado a la necesidad de reducir la dependencia de la inestabilidad e incremento de los precios en combustibles fósiles, impulsa los programas de cogeneración en el mundo.

1.3 Experiencias internacionales de promoción de la cogeneración.

Debido a la importancia que está adquiriendo el desarrollo de la cogeneración en otras regiones del mundo desde hace tiempo, ha dado pauta a la creación de organizaciones que regulen y establezcan una relación más directa con los sectores con

potencial para cogenerar o en su defecto hacer la promoción adecuada de este sistema para su correcta ejecución.

Tal es el caso, de la Asociación de Cogeneración del Medio Oeste de Estados Unidos (MCA) por sus siglas en inglés fundada en 1984, organización pionera en promover la cogeneración tanto en investigación como su aplicación en los negocios de la industria.

Para 1993, creada en Bélgica aparece la Asociación Europea para la Promoción de la Cogeneración (COGEN Europa), como resultado de la creciente necesidad de unir esfuerzos a nivel Europeo para alcanzar el potencial total de cogeneración existente en la región. Su objetivo principal es trabajar de manera conjunta para ampliar el uso de la cogeneración en Europa, a fin de lograr un uso sustentable de la energía en el corto y mediano plazo.

Hacia 1997 en un esfuerzo por elevar el perfil de la cogeneración como una estrategia de mitigación del cambio climático en las negociaciones de La Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés UNFCCC) se fundó la Alianza Internacional de Cogeneración, la cual en el año 2002 fue renombrada a WADE (World Alliance for Decentralized Energy) para acelerar el desarrollo mundial de la cogeneración, impulsando mayor apertura a todo tipo de energía descentralizada. La conforman importantes organismos y desarrolladores de tecnología de Australia, Bélgica, Brasil,

Canadá, China, Estados Unidos, Francia, India, Italia, Nigeria, Noruega, UK, Polonia y Portugal, entre otros.

En 1999, también en Estados Unidos se crea United States Clean Heat & Power Association (USCHPA), cuya principal misión es incrementar la instalación de plantas de cogeneración en los niveles comercial, industrial y residencial, la cual para el 2007 empezó a promover sistemas de cogeneración de energía a partir de residuos orgánicos, haciendo este sistema más amigable con el medio ambiente.

En el 2001, se crea la Asociación Española para la Promoción de la Cogeneración (COGEN España), que desde una perspectiva más particular a la COGEN Europa, fomenta la cogeneración en todos los sectores de la actividad económica en España.

En este mismo año, en Alemania se crea Bundesverband Kraft-Wärme Kopplung e.V., es decir la Asociación Nacional de Cogeneración de Alemania, que tiene objetivos similares a COGEN España, respecto a la promoción y difusión de esta actividad.

Ya en el 2003, Brasil incursiona con La Asociación Paulista de Cogeneración de Energía (COGEN SP) que posteriormente se convierte en la Asociación de la Industria de la Cogeneración de Energía (COGEN Brasil), la cual adopta principios básicos de la ya exitosa Cogen España.

Para 2006 nace la Asociación Española de Cogeneración (Acogen) que a diferencia de COGEN España, su posición está orientada hacia todas aquellas empresas o sectores que ya cuenten con algún equipo de cogeneración, sin existir entre estas dos organizaciones conflicto alguno que pueda perjudicar sus intereses.

Por mencionar algunas existen otras organizaciones internacionales participando en los aspectos tecnológicos y regulatorios propios a cada mercado en particular, pensando en los beneficios de una mayor eficiencia energética y energía descentralizada.

1.4 Experiencias internacionales en aplicación de la cogeneración a hospitales.

En los últimos años, en varios países el uso de la cogeneración en hospitales ha ido en aumento; esto se debe en gran parte a las mejoras técnicas y reducciones de costos, con sistemas que responden a las necesidades térmicas y eléctricas del mismo edificio.

Un estudio realizado en 47 hospitales en Andalucía, España, indica una capacidad promedio instalada de 0.744 MW, mientras que en California, USA, otro estudio en 42 hospitales muestra que la capacidad instalada promedio es de 4 MW.

Por lo anterior, para fines de este estudio, se considera 1.021 MW como la capacidad típica de una central eléctrica para hospitales. ((GIZ), 2013)

Ejemplos que tienden a tener costos significativos de energía como un porcentaje de los costos totales de funcionamiento, así como las cargas eléctricas y térmicas equilibradas y constantes.

En España podemos citar el *Hospital de la Defensa Gómez Ulla*, en este hospital se puso en marcha en 2003 una planta de cogeneración con dos grupos motogeneradores. Con más de 43.000 horas de funcionamiento, esta planta permite el ahorro de aproximadamente un 35% de la demanda energética para climatización y aporta todo el calor necesario en la lavandería del hospital. Se trata de un ejemplo pionero de gestión energética donde la cogeneración, la eficiencia y el ahorro de combustibles -gas natural- son factores prioritarios. (DEPARTAMENTO TÉCNICO DE MWM ENERGY ESPAÑA, 2011)

En Chile está en marcha un *proyecto piloto denominado "Eficiencia energética y cogeneración en hospitales públicos"* que empezó en el 2011 y está por concluir el próximo año, el cual contempla la instalación de tres sistemas de cogeneración en tres diferentes hospitales públicos de Chile previa realización de estudios de factibilidad técnica y económica. (MINISTERIO DE SALUD, 2013)

El *Evangelisches Hubertus Krankenhaus, en Alemania*, es el primer hospital que recibió la certificación "Gütesiegel" (sello de calidad) otorgada por el BUND, la asociación ambiental más grande de Alemania. Este hospital logró disminuir sus costos de

energía en un 30% y sus emisiones de CO2 en un 37 %. Entre sus medidas, se encontró un sistema de control y gestión, remodelación de diésel para fluido de emergencia a planta de cogeneración, gerencia de carga máxima.

En 2011, el Hospital Frimley Park, en Surrey, Inglaterra, ha realizado una considerable inversión en una energía más verde para reducir su exposición a las tarifas de la red de suministros local y también para reducir sus emisiones de carbono.

En Nueva York, EUA, encontramos el *NewYork-Presbyterian Hospital*, el cual con su sistema de cogeneración de 7,5 megavatios está reduciendo emisiones del CO2 por más de 27.000 toneladas cada año, el equivalente a tomar 4.600 vehículos del camino, mientras que agrega millones de dólares en ahorro en costos anual. (Medical, 2009)

Otro claro ejemplo es el *Royal North Shore Hospital*, este hospital tiene una superficie de 100,000 m² y una capacidad para 650 camas siendo uno de los más grandes de Sydney en Australia y de mayor prestigio por sus instalaciones sanitarias, al cual se le incluyó una planta de cogeneración en el diseño del proyecto con el objetivo de incrementar la eficiencia energética y disminuir la huella de carbono de CO2 del hospital. (Llopis, 2012)

Diversos estudios y comparativas internacionales demuestran que los hospitales están entre los edificios más intensivos energéticamente (Hancock,, 2001).

(Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency. , 2005)

Otro estudio realizado en Grecia, sitúa a los hospitales como los segundos consumidores en cuanto a energía térmica por m², por detrás de los hoteles pero por delante de otros tipologías edificatorias como escuelas, edificios comerciales y de oficinas; también demuestra, que de entre todos los edificios mencionados, son los mayores consumidores de energía térmica, para calefacción o refrigeración. (Gaglia, 2007). En Alemania, se supone un consumo energético por cama de hospital equivalente al triple de una casa unifamiliar de nueva construcción. (Pérez Lombard, 2008)

En Estados Unidos los hospitales son los segundos edificios más consumidores de energía. Se estima que su consumo es del 9% del conjunto de los edificios comerciales. (Pérez Lombard, 2008). Los hospitales de EEUU, gastaron en 2001, sólo en electricidad 3,000 M USD. En 2009, el gasto de energía para el sector salud fue de 8,500 USD. En España los hospitales consumen el 11% de la energía demandada por todo el conjunto de edificios destinados a oficinas, comercios, escuelas, hoteles y restaurantes, instalaciones de ocio, y resto de edificios considerados comerciales y en el Reino Unido ese porcentaje es del 6%. (Cristià, 2011)

1.5 La cogeneración en México

En la actualidad, la generación de bienes y servicios en nuestro país se basa, fundamentalmente, en el consumo de combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón mineral. Es por ello que algunas dependencias como la Secretaría de Energía (SENER), están comprometidas con el desarrollo de una política energética integral que haga especial énfasis en los programas de eficiencia energética a nivel nacional y, a la vez, promover la diversificación y la utilización de energías alternas y renovables.

Actualmente, las tecnologías empleadas en los sistemas de cogeneración permiten alcanzar los mayores índices de ahorro de combustible y emisiones evitadas. En la mayor parte de las empresas del sector industrial, las energías térmica y eléctrica son insumos indispensables. Cuando estas dos formas de energía se requieren de manera conjunta en una instalación, se presenta la oportunidad de implantar sistemas de cogeneración, lo cual conlleva, de manera simultánea, una mayor eficiencia en el uso de combustibles fósiles y menor generación de emisiones contaminantes por unidad de energía útil.

1.5.1 Experiencias de promoción de la cogeneración en el país.

El impulso a la cogeneración representa una de las mayores oportunidades para reducir el consumo de energía en las empresas y las emisiones de gases de efecto invernadero. El mayor potencial de cogeneración se presenta en las instalaciones de Pemex y en otras grandes industrias con un patrón de alto consumo de energía, que utilizan calor en sus procesos.

Asimismo, existe un potencial relevante en sistemas de menor escala para pequeñas y medianas industrias e instalaciones comerciales y de servicios.

En lo que respecta al marco regulatorio en el país, para la promoción de la cogeneración, a partir del año 1992 se modificó la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), lo cual abrió el mercado eléctrico a la participación de particulares en las modalidades de productores independientes, autoabastecimiento, exportaciones, importaciones para autoconsumo, producción en pequeña escala y cogeneración. En esta época ya existían plantas operando con esquemas de cogeneración con permisos denominados “usos propios continuos” con capacidad de 550 MW operando.

Uno de los mandatos de la reforma a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en 1992 fue la constitución de un órgano administrativo desconcentrado de la entonces Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, para resolver las cuestiones derivadas de la interacción entre el sector público y el privado producto de dicha reforma. En consecuencia, la Comisión Reguladora de Energía fue creada mediante Decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 4 de octubre de 1993, mismo que entró en vigor el 3 de enero de 1994.

Posteriormente, y seguido a la reforma estructural al sector gasista en 1994, el Poder Legislativo aprobó la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, misma que se publicó en el DOF en octubre de 1995 y que convirtió a la institución en un órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía (SENER) con autonomía técnica y operativa y con atribuciones que previamente se encontraban dispersas en la SENER, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y la Secretaría de Economía (SE). Ello permitió a la CRE tener la capacidad de implementar el marco regulatorio en los sectores de gas y electricidad.

La CRE otorga los permisos considerando los criterios y lineamientos de la política energética nacional, oyendo la opinión del suministrador (CFE), cuidando el interés general, así como la seguridad, eficiencia y estabilidad del servicio público. A la fecha, la CRE ha otorgado 106 permisos

en materia de cogeneración, para sectores industriales, de servicios y residenciales.

Es hasta 1995 cuando la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), actualmente Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), realizó un primer estudio para conocer el potencial de cogeneración (complementado en 1997). El potencial teórico se estimó en 8,369 MW para un escenario alto en instalaciones y procesos de Pemex, así como en grandes industrias, sectores comerciales y de servicios.

Entre los años 1996 y 1999 la cogeneración se descarta como política de desarrollo o apoyo al sector eléctrico nacional. Se propuso dar impulso a las energías renovables y a técnicas de generación más eficientes, quedando la cogeneración considerada únicamente a nivel de medidas de ahorro de energía.

A partir de 1999, la administración en turno buscó la desintegración vertical y la privatización de la industria eléctrica, que se refleja en la reducción en el impulso a las energías renovables y una política de apertura y privatización de los mercados del gas natural. Por su parte, la entonces CONAE abordó la cogeneración desde el punto de vista de la promoción y asesoría técnica a las industrias. Dentro del programa de Desarrollo y Restructuración del Sector de la Energía (1997-2000), sus estrategias sectoriales consideraban: a) preparar, coordinar y evaluar los programas nacionales de ahorro de energía, b)

promover, fomentar y difundir estudios relacionados con la utilización de la energía, así como la investigación, desarrollo y difusión de tecnología para el ahorro y eficiencia de la energía.

Del año 2001 al 2006, se definieron nuevas reglas para integrar al sector privado a la capacidad de generación del Servicio Eléctrico Nacional (SEN). La CONAE concentró sus actividades en apoyar el diseño de políticas de fomento y promoción de la cogeneración.

El 28 de octubre de 2008, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), donde se le confirieron a la CRE atribuciones para regular la generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovable, así como de sistemas de cogeneración. En el reglamento de esta Ley, en el Artículo 19 Fracción II, se establece que el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables incluirá de manera específica “Metas para proyectos de Cogeneración Eficiente como parte de la expansión de la capacidad de generación del Sistema Eléctrico Nacional”.

El 8 y 28 de abril de 2010, la CRE publicó en el Diario Oficial de la Federación los modelos de contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña y Mediana Escala, así como el Contrato de Interconexión para Centrales de Generación de Energía Eléctrica con Energía Renovable o

Cogeneración Eficiente. Estos contratos de interconexión hicieron extensivos los beneficios del esquema de “medición neta” y del “banco de energía” a los proyectos de cogeneración y de cogeneración eficiente, respectivamente.

El 22 de febrero de 2011, se publicó en el DOF la Metodología para el Cálculo de la Eficiencia de los Sistemas de Cogeneración de Energía Eléctrica y los Criterios para Determinar la “Cogeneración Eficiente”. Derivado del concepto de la cogeneración eficiente, surgen otros instrumentos que mejoran las condiciones para la disposición de excedentes de energía.

Como ya se ha definido con las leyes actuales en materia energética, la cogeneración ha tenido una importante presencia en México con aplicaciones orientadas principalmente al sector industrial, los principales motivos que generan interés en los proyectos de cogeneración son los altos precios de la electricidad (especialmente para el sector comercial) y los precios comparativamente bajos de los combustibles, pudiendo ser accesibles con gas natural o de biocombustibles.

La importancia de la inclusión de los hospitales ya sean públicos o privados como sector focal dentro de una estrategia de fomento a la cogeneración se orienta a demostrar que el proceso de cogeneración no es un tema exclusivo para el sector industrial, ya que esta solución energética también

puede ser aplicada de manera eficiente en los sectores de servicios.

El sistema mexicano de salud comprende dos sectores, el público y el privado. Dentro del sector público se encuentran las instituciones de seguridad social [Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría de la Defensa (SEDENA), Secretaría de Marina (SEMAR) y otros] y las instituciones y programas que atienden a la población sin seguridad social [Secretaría de Salud (SSa), Servicios Estatales de Salud (SESA), Programa IMSS-Oportunidades (IMSS-O), Seguro Popular de Salud (SPS)]. El sector privado comprende a las compañías aseguradoras y los prestadores de servicios que trabajan en consultorios, clínicas y hospitales privados, incluyendo a los prestadores de servicios de medicina alternativa.

El sector de hospitales públicos presenta una alta respuesta, ya que cuenta con una infraestructura de 84 625 camas hospitalarias a nivel nacional (INEGI 2010).

El reto de este sector consiste en dinamizar la aplicación de soluciones de micro cogeneración con base en vapor de gas, los cuales pudieran permitir reducir los costos operativos de estos edificios y enviar una señal generalizada sobre la racionalización energética en el sector servicios.

En algunos países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OECD), empresas privadas explotan el potencial energético de cogeneración en hospitales a través de contratos de Outsourcing (subcontratos), lo cual a su vez puede resultar un ejercicio interesante para el financiamiento del proceso.

La visión para el año 2024 es que el sector energético mexicano opere con políticas públicas y un marco fiscal, laboral y regulatorio que permita contar con una oferta diversificada, suficiente, continua, de alta calidad y a precios competitivos, maximizar la renta energética, asegurar al mismo tiempo, un desarrollo sostenible en términos económicos, sociales y ambientales, así mismo lograr que el sector aproveche las tecnologías disponibles y desarrolle sus propios recursos tecnológicos y humanos.

Adicionalmente, se cuenta con una meta legal para incrementar el porcentaje de energías no fósiles en el portafolio de fuentes primarias de energía para la generación de electricidad en por lo menos 35% al 2024. Igualmente, existe una tendencia global, apoyada por el desarrollo de las energías renovables, la cogeneración in situ y el desarrollo de infraestructura de comunicación e informática que está llevando a que los sistemas eléctricos integren capacidades de generación distribuida en pequeñas capacidades pero en una gran cantidad de puntos, lo cual es un fenómeno que está modificando la forma en

la que se diseñan y operan las redes eléctricas y los sistemas eléctricos. Esto obliga a considerar un portafolio amplio y competitivo de proyectos así como medidas audaces para alcanzar esta meta legal, lo que incluye tanto la eliminación de barreras y promoción de la energía renovable. (Energía, Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, 2012)

En el caso particular de México, los principales beneficios por el desarrollo de la cogeneración son el ahorro de energía primaria de combustibles nacionales, la reducción en la importación de combustibles, la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, también las nuevas inversiones, desarrollo regional y creación de empleos, así como la liberación de capacidad de la red y de las subestaciones eléctricas en el SEN y la reducción de pérdidas de transmisión, transformación y distribución en el SEN.

Para la SENER, dentro del proceso de diseño de líneas estratégicas para el fomento de la cogeneración, se identifican aquellos sectores focales cuyas características propias permitirían activar rápidamente el desarrollo del sector, tal como se muestra en la Tabla 1, según los criterios de evaluación de eficacia, sostenibilidad, apoyo por parte de los fabricantes, aplicabilidad dentro de los programas de la CONUEE y del Programa Sectorial de Energía en los años 2007-2012, así como el grado de atracción y el grado de sofisticación técnica necesaria para la implementación de los proyectos de cogeneración, marcan la viabilidad para fomentar un sistema de cogeneración en

hospitales, resaltando la sencillez como criterio aplicable con modificaciones relativas debido a la dependencia de los marcos regulatorios.

Tabla 1 **Resultado de la identificación de sectores focales.**

	PEMEX	Ingenios	Química	Alimentos	Hospitales
Eficacia	+	°	+	+	+
Sencillez	+	°	°	+	°
Sostenibilidad	°	°	+	+	+
Apoyo de los fabricantes	°	+	+	+	+
Aplicabilidad en programas de CONUEE y el PSE 2007-2012	+	+	+	+	+
Atractivo a la inversión	+	-	+	+	+
Complejidad técnica	-	°	-	+	+

Fuente: (CONUEE, 2009)

Entonces determinar que los principales factores que condicionan la viabilidad técnica y financiera para el desarrollo de un proyecto de cogeneración de pequeña escala son, como ya hemos comentado, la existencia una demanda térmica continua y confiable dentro del proceso, a su vez un adecuado balance energético para la producción de la misma energía térmica, teniendo así un adecuado adecuando balance de costos, y beneficios cuantitativos y cualitativos (económicamente medibles) que permitan garantizar la competitividad contra la referencia de costo tradicional en el largo plazo.

Determinando los principales beneficios que obtiene un hospital aplicando un Sistema de Cogeneración, destaca un menor costo de la energía eléctrica y térmica, mayor confiabilidad en la estabilidad en el suministro de energía, mayor calidad en el suministro de energía, y la contribución a la formación de una estructura de mercado, que

contribuirá con una mayor estabilidad de los precios de la energía en el futuro.

1.5.2 Potencial de cogeneración en México

El estudio realizado por la CONUEE y la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ por sus siglas en Alemán) en 2012, muestra que el potencial total nacional de cogeneración se encuentra dividido en tres sectores importantes: azucarero, de Pemex y de la industria en general. Dicho estudio distingue entre el potencia máximo teórico, el potencial técnicamente y económicamente factible, así como el potencial máximo con excedentes. Por lo tanto, el potencial nacional máximo, y que es económicamente factible de explotar, considerando excedentes al SEN, se calculó en aproximadamente 12 GW.

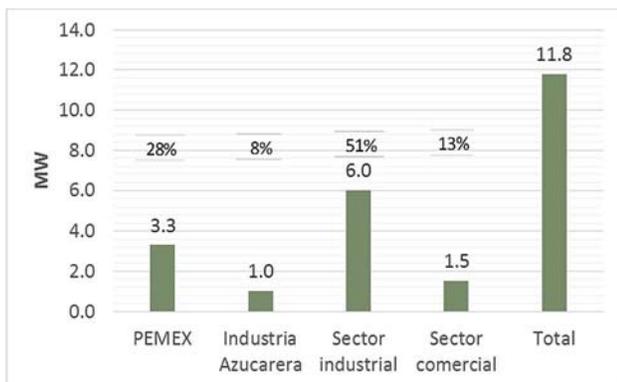


Ilustración 1. Potencial de cogeneración en México por sectores

Fuente: (Energía, INICIATIVA PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO, COGENERACIÓN EFICIENTE, 2012)

El marco de exploración de los sectores con potencial de cogeneración definido por CONUEE, asumió sectores con demandas eléctricas mayores a 1MW y factores de carga mayor que 50%, y menores a esta demanda, surge la micro-cogeneración la cual puede emplearse en un hospital debido a la carga instalada que no sobrepasa los 50 000 kW.

Las acciones para impulsar la cogeneración en México están relacionadas con la regulación, desarrollo de la red e impulso a la financiación para que esta pueda implementarse de una manera clara y adecuada. Con respecto a la potencia instalada de cogeneración en México ha crecido anualmente al 10% durante la última década, sin embargo sólo se ha capturado el 28% del potencial.

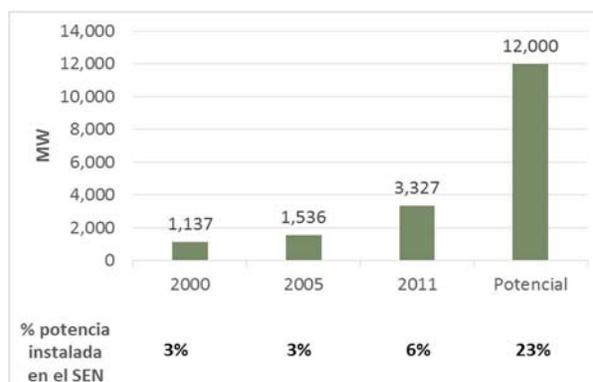


Ilustración 2. Potencia instalada en Cogeneración en México

Fuente: (Energía, INICIATIVA PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO, COGENERACIÓN EFICIENTE, 2012)

1.6 Potencial de cogeneración en un hospital.

Es sabido que en los hospitales han de convivir gran diversidad de servicios. Consultas externas, áreas de hospitalización, laboratorios, urgencias, bloque quirúrgico, zonas de mantenimiento o servicios como cocina o lavandería son actividades frecuentes ejercidas en estos edificios. Asimismo, también se puede hablar de una amplia variedad de personas que harán uso de los mismos como trabajadores sanitarios, pacientes externos, pacientes hospitalizados, visitantes o personal administrativo. Es, por lo tanto, deber del arquitecto transformar esta heterogeneidad en una organización espacial que asegure un correcto funcionamiento y confort en el edificio.

Alrededor de los años 50, las principales instalaciones en los hospitales se destinaban a la calefacción, alumbrado y fuerza, fontanería, extinción de incendios y ascensores. El presupuesto destinado era alrededor del 20% del total, pero las instalaciones han ido aumentando. Cerca de los noventa, podemos hablar también de instalaciones de climatización y megafonía, telefonía y televisión, además de las anteriormente mencionadas.

Actualmente, las instalaciones son una parte importante en el diseño de los hospitales, que abarcan desde la climatización, producción de agua caliente con paneles solares, alumbrado y fuerza, instalaciones fotovoltaicas, fontanería, agua

pura y agua osmotizada, protección contra incendios, ascensores, megafonía, telefonía, televisión, sistemas de gestión, comunicaciones (voz y datos, llamada enfermería, Internet), hasta la seguridad (control accesos, vídeo vigilancia), lo que se traduce en el uso indispensable de la energía. La cantidad de consumo de una u otra fuente de energía variará en cada hospital, según su infraestructura y las tareas específicas que en él se realicen.

Según cifras al 2010 la infraestructura de Salud Pública Nacional está conformada por 3,841 hospitales, los conocidos como servicio público, que son administrados por dependencias y entidades del Gobierno Federal como son: La Secretaría de Salud, el Instituto Mexicano del Seguro Social y el Instituto de Seguridad y Servicios de Salud para los Trabajadores del Estado; y por otro lado los hospitales privados. Que cubren más del 80 %. (Véase tabla 2).

Además se posee un número importante de Unidades Médicas Familiares y Clínicas rurales a lo largo del país. El sector público de salud se responsabiliza por el 90% de la población (INEGI, 2010)

Tabla 2. Tipo y número de hospitales en México

Institución	Tipo de hospitales				Total
	Hospitales Federales de Referencia	Hospitales Regionales de Alta Especialidad	Hospitales psiquiátricos	Institutos de Investigación-Hospitales	
SSA (1)	6	5	3	13	27
	Hospital	Hospital general de zona/Regional	Hospital 3 N (investigación y alta capacitación)		
IMSS (2)	252	222	26		500
	Centros hospitalarios de diversos tipos (Hospital general; Clínica hospital; Clínica médica familiar; Unidad de medicina familiar; Clínica médica familiar con especialidades de quirófano)			Hospitales de alta especialidad (4)	
ISSSTE (3)	229			3	226
	Sin clasificación			Hospitales de alta especialidad (4)	
Privados (5)	3,002			86 (6)	3,088
	Total				3,841

Fuente: Micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México, ((GIZ), 2013)

Todos los hospitales son intensivos en consumo de energía eléctrica y energía térmica. Las principales aplicaciones de la energía eléctrica son aire acondicionado e iluminación, y en tercer lugar los motores de equipos industriales, tales como bombas de agua, bombas de vacío, compresores de aire y lavadoras.

Por lo que respecta a la energía térmica, ésta se usa para la generación de vapor en las calderas y por su parte la energía calorífica del vapor es utilizada en la lavandería, autoclaves y cocina. Es por ello con relación a esto, dentro de las principales pérdidas que pueden ser reducidas con un impacto significativo en el consumo de combustible se encuentran: pérdidas por falta de aislamiento, pérdidas por fugas y pérdidas por la envolvente de la caldera.

De hecho se tienen más actividades en el hospital durante el día y de lunes a viernes, a comparación de la actividad en la

noche y fines de semana, ya que en estos días sólo son algunas zonas en especial que están funcionando como el caso del área de Urgencias y Hospitalización que está en funcionamiento las 24 horas del día, los 365 días del año.

Los edificios para la salud han evolucionado a través del tiempo aunque siguen los paradigmas planteados por las innovaciones médicas y los avances acontecidos en la arquitectura y la tecnología.

En general, la infraestructura y las tareas específicas del hospital determinan su estructura de consumo de energía, la cual, a menudo, es muy compleja. De la misma forma, las condiciones del entorno condicionan la matriz energética del hospital. Es imprescindible conocer la estructura de consumo de energía y los factores que influyen sobre su consumo.

La mayoría de los hospitales en México, debido a la antigüedad de sus construcciones, operan con instalaciones deficientes, por lo que se requiere infraestructura nueva para una mejor operación, en estos momentos podemos demostrar rápidamente las deficiencias e indicar concretamente, en qué punto de consumo se deben aplicar medidas para optimizar el uso de energía.

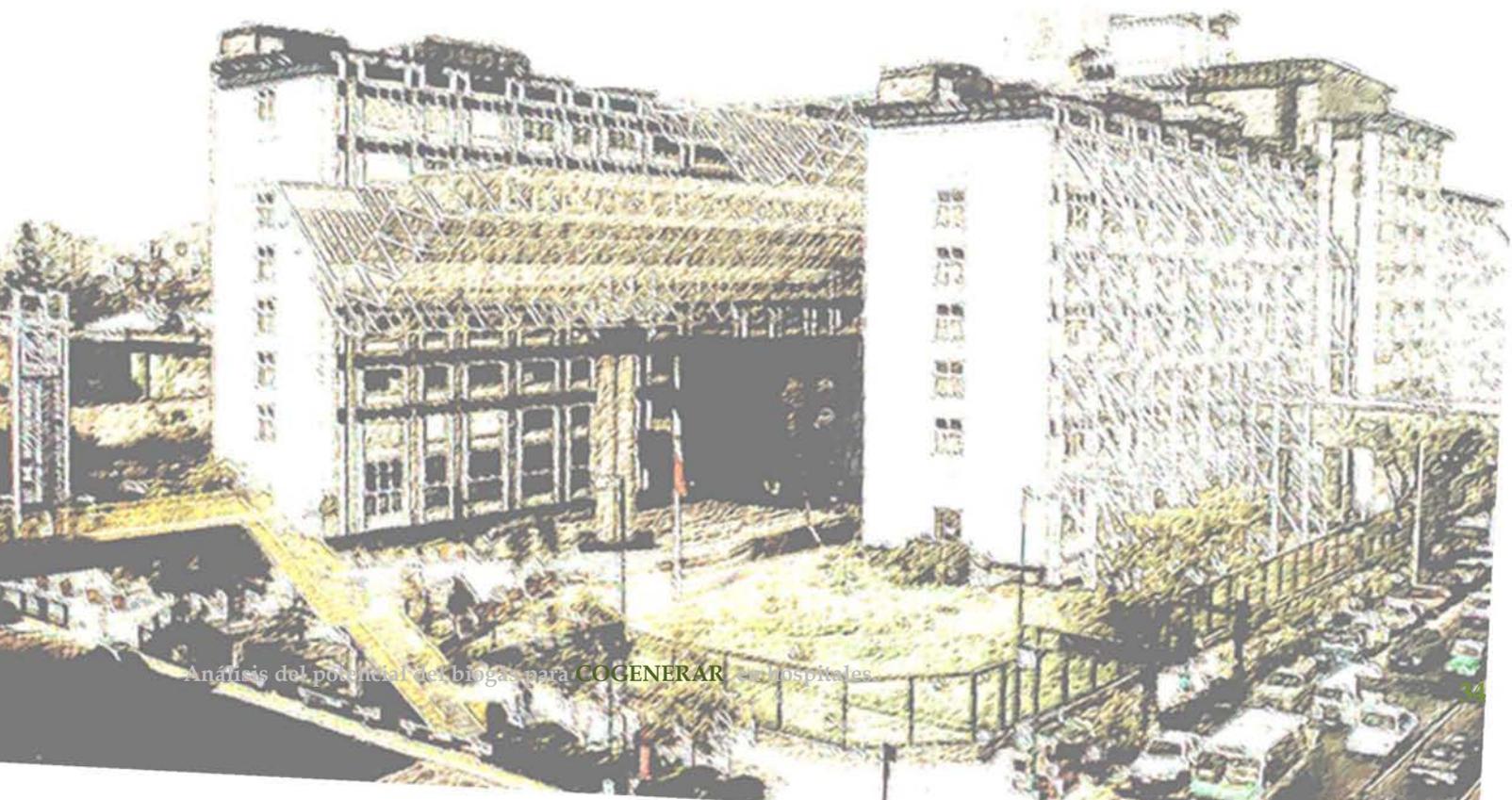
Aquí en México, dependencias como el Instituto Mexicano del Seguro Social para el diseño de sus nuevos hospitales contemplan puntos que deben ser tratados en el proyecto ejecutivo y que no solo

cumplirá con la reglamentación vigente, sino que incorporará los avances que sean necesarios para preservar el medio ambiente y producir el mínimo impacto ambiental durante la totalidad de su ciclo de operación previsto. En el proyecto se toma en cuenta soluciones ecológicas, incorporando el uso de fuentes renovables de energía y criterios de racionalización del uso de energéticos. La implantación de un edificio que incorpore estas características tiene como efecto, una reducción de los costos de conservación y operación, al mismo tiempo que actúa como ejemplo y contribuye a la educación de la comunidad en buenas prácticas ambientales, que tienen como consecuencia promover ambientes favorables de salud. Como medida de ahorro energético en cuanto al suministro de calor y frío, así como electricidad se propone el uso de sistemas de cogeneración ya que estos, alimentados por combustibles generan energía al hospital, además que son considerados sistemas de energías renovables. Un hospital sustentable tiene el objetivo de atender, diagnosticar y dar tratamiento a los pacientes, mediante el uso de tecnologías inteligentes, mayor respeto por los recursos naturales y aplicación de las prácticas renovables y autosuficientes. Es decir, crear un hospital saludable, viable económicamente y sensible a las a las necesidades ambientales y sociales de la comunidad.



II. Sistemas de cogeneración

2



Análisis del potencial del biogás para **COGENERAR** en hospitales

2.1 Ventajas y beneficios

Los sistemas de cogeneración se pueden implementar prácticamente en cualquier escala, estos pueden instalarse en el mismo sitio en donde se requiere aprovechar la energía o muy cerca de él y sus usos van desde aplicaciones industriales hasta aplicaciones en pequeña escala para su uso en edificaciones, debido a estas características se propone su implementación en edificios para la salud.

El empleo de la cogeneración reduce las emisiones de CO₂ asociadas a la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad, así como de otros contaminantes que son dañinos para la salud del ser humano y del medio ambiente. También aumenta la seguridad energética nacional, especialmente si se utilizan, de forma sustentable, fuentes renovables como la biomasa residual urbana, puesto que se reduce la producción de energía a través de los mismos combustibles fósiles. A su vez comprobado que tiene un menor consumo de agua comparado con la operación de una planta convencional.

Contribuye a mejorar la competitividad de un sector, como resultado de la reducción de costos en la factura eléctrica y/o por el consumo de combustibles y contribuye a la estabilidad y confiabilidad del sistema eléctrico, brindando control de voltaje, capacidad de reserva durante

contingencias y capacidad de arranque en frío.

2.2 Elementos de un sistema de cogeneración

Los principales elementos constituyentes de un sistema genérico de cogeneración son:

- Elemento primotor
- Elemento de recuperación de calor de desperdicio
 - Sistema de transmisión de energía
 - Sistemas auxiliares (bombas, compresores, alternador, etc.)
 - Sistema de control

El componente más importante es el motor primario o primotor, el cual convierte la energía del combustible en la energía que suministra la flecha.

Existe una gran variedad de equipos para la recuperación del calor de desperdicio, por lo que la selección adecuada de éste dependerá del uso que se le necesite dar. Estos pueden ir, desde sistemas de baja presión de distribución de vapor a la salida de las extracciones de las turbinas, hasta calderas de recuperación para extraer la energía de los gases producidos en una turbina de gas. Los sistemas de control son necesarios para la automatización del primotor, la operación segura del sistema de recuperación de calor y en general para la operación eficiente del sistema.

2.3 Clasificación de los sistemas de cogeneración

De acuerdo con el orden de producción de electricidad y energía térmica, los sistemas de cogeneración pueden clasificarse en: sistemas superiores y sistemas inferiores.

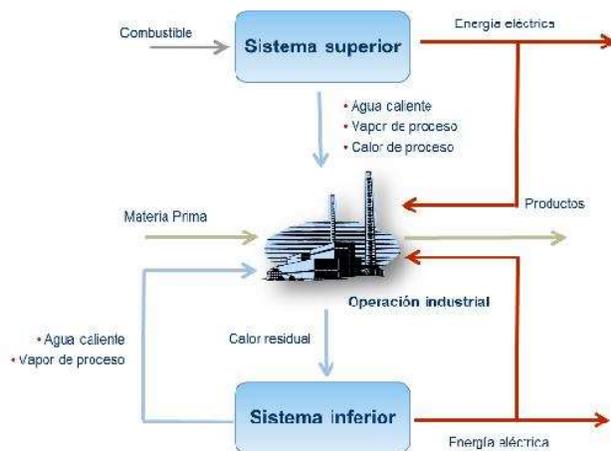


Ilustración 3. Clasificación de los sistemas de cogeneración

Fuente: (Zusammenarbeit, 2012)

En los sistemas superiores, la generación de energía eléctrica constituye el producto primario de la combustión. El calor residual existente en los gases de escape se aprovecha en el proceso productivo (por ejemplo, en una turbina de gas, o el vapor de extracción o escape en el caso de una turbina de vapor).

Estos sistemas se utilizan ampliamente en diversos procesos industriales, tales como los utilizados en la industria de la celulosa y papel, química, textil, cervecera, azucarera, agroindustria,

alimentos, así como otras que requieren vapor o agua caliente para realizar tales procesos.

Es importante resaltar que en esencia la única diferencia entre un proceso de cogeneración del tipo superior y uno de ciclo combinado es precisamente que en éste último la descarga de gases de combustión se utiliza para generar vapor y nuevamente producir potencia, pero sin aprovechar el calor remanente en algún proceso útil.

Por otro lado, los sistemas inferiores generan la electricidad a partir de la energía térmica no utilizada en los procesos industriales, como los gases calientes de escape de hornos o los gases combustibles. Estos sistemas tienen su principal aplicación en la industria del cemento, del acero, del vidrio y en algunas industrias petroquímicas y químicas.

El aprovechamiento de la energía térmica de gases calientes de escape de hornos, secadores o equipos de fuego directo puede ser una fuente importante de recuperación de calor residual ya que en procesos no optimizados se pueden emitir gases de combustión con temperaturas de 300 a 1200 °C y volúmenes mucho mayores a los que emiten los generadores de vapor, por tener excesos de aire considerables. (Cogenera México, 2012)

2.4 Clasificación por tipo de motor primario

Existe una gran variedad de equipos y tecnologías que pueden ser considerados para una aplicación específica de cogeneración. Cada tecnología tiene sus características propias, que deben ser consideradas en el contexto de los requerimientos específicos del lugar.

Otra clasificación generalmente empleada para los sistemas de cogeneración, es la que se basa en el tipo de motor primario empleado para generar la energía eléctrica, dentro de los cuales se encuentran:

- Cogeneración con turbina de vapor.
- Cogeneración con turbina de gas.
- Cogeneración con ciclo combinado.
- Cogeneración con motor de combustión interna.
- Cogeneración con celdas de combustible.

La elección de una u otra tecnología debe estar enfocada a las necesidades particulares de las instalaciones. Para ello se requiere conocer su demanda y consumos tanto eléctricos como térmicos; y se puede utilizar como indicador la denominada *razón energía térmica/energía eléctrica (Q/E)*, que puede definirse de las siguientes maneras: □

$$\frac{Q}{E} = \frac{\text{Demanda de calor de proceso (kW)}}{\text{Demanda Eléctrica (kW)}}$$

$$\frac{Q}{E} = \frac{\text{Consumo de calor de proceso (kJ)}}{\text{Consumo Eléctrica (kJ)}}$$

Este indicador permite reconocer de manera rápida el tipo principal de energía que requieren las instalaciones, tanto referido a la demanda como al consumo. Para las tecnologías antes mencionadas se pueden observar en la tabla 3 los rangos en la relación Q/E en los que se tiene su mejor desempeño.

Tabla 3 . Tecnologías de cogeneración con su respectiva relación Q/E, eficiencia eléctrica y eficiencia global.

Tipo de tecnología	Relación Q/E	Potencia eléctrica [kW]	Eficiencia eléctrica	Eficiencia global
Turbina de vapor	2 a 30	>500	15%	90%
Turbina de gas	1.2 a 4	500 a 265,000	27%	>80%
Ciclo combinado	1/6	>500 TV	57%	
Motor recíprocante	0.8 a 2	15 a más de 20,000	40%	85%
Microturbina (turbina de gas)		Desde 30 *	30%	70 a 80%

Fuente: (CONAE, 1999) * (Products, Capstone Turbine Corporation, s.f.)

2.4.1 Motores de combustión interna

Los motores de combustión interna son una de las tecnologías más utilizadas en los sistemas de cogeneración y existen dos tipos que son relevantes en aplicaciones estacionarias para la generación de electricidad: el motor Otto y el motor Diésel.

En este caso, estos motores usan una cámara de combustión de forma cilíndrica en la cual se desplaza un pistón. El pistón está a su vez conectado a un eje, el cual transforma el movimiento lineal del pistón en el movimiento rotatorio del eje.

La diferencia principal entre los ciclos de Otto y Diésel es la forma en la que se realiza la ignición del combustible, por lo que en el primer caso se utiliza una bujía para encender una mezcla de aire combustible contenida en el cilindro, mientras que en el segundo el aire contenido en el cilindro se comprime a una presión alta hasta alcanzar la temperatura de auto ignición del combustible. Existen tamaños de 10 kW a 5 MW.

2.4.2 Motores de ciclo combinado

A este sistema se le caracteriza porque emplea una turbina de gas y una turbina de vapor. En este sistema los gases producidos en la combustión de la turbina de gas, se emplean para producir vapor a alta presión a través de una caldera de recuperación, para posteriormente alimentar a la turbina de vapor, sea de contrapresión o extracción-condensación y producir por segunda vez energía eléctrica, utilizando el vapor a la salida de la turbina o de las extracciones directamente en los procesos.

2.4.3 Turbinas de gas

Las turbinas de gas son una tecnología bien establecida para la generación de electricidad, además de que producen gases de escape a altas temperaturas que son susceptibles de ser utilizados para la generación de vapor en sitio o para la generación adicional de electricidad.

La turbina de gas consiste en tres elementos principales: Compresor, Cámara de combustión y la turbina.

Las turbinas de gas operan bajo un ciclo termodinámico conocido como "Ciclo de Brayton". En este ciclo el aire del exterior es comprimido, calentado y posteriormente expandido en la turbina, quedando como excedente la diferencia entre la potencia generada en ella y la que es requerida para comprimir el aire.

Actualmente, existen diversas variaciones del ciclo de Brayton, por ejemplo, se puede disminuir el consumo de combustible mediante el precalentamiento del aire comprimido con los gases de escape de la turbina a través de un recuperador o regenerador; se puede reducir el trabajo del compresor, y por ende, aumentar la potencia generada mediante etapas de inter o pre enfriamiento; o bien, se pueden utilizar los gases de escape para generar vapor y así generar electricidad adicional en un ciclo combinado. Existen tamaños de los 500 kW a 250 MW

2.4.4 Turbinas de vapor

Las turbinas de vapor son una de las tecnologías más versátiles y antiguas acopladas a un generador o maquinaria mecánica. A diferencia de los motores de combustión interna y las turbinas de gas, utilizados en los sistemas de cogeneración, en donde el calor es un subproducto de la generación de electricidad, las turbinas de vapor normalmente generan electricidad como un subproducto del calor (vapor).

Los principales componentes de un sistema caldera/ turbina de vapor son: Bomba, Caldera, Turbina y Condensador

El ciclo termodinámico bajo el cual opera una turbina de vapor se denomina "Ciclo de Rankine". En este ciclo, el agua es bombeada a una presión media - alta, dependiendo del tamaño de la unidad y la temperatura a la que el vapor será eventualmente calentado. Posteriormente, el agua se calienta hasta su temperatura de ebullición y usualmente es sobrecalentada por encima de esa misma temperatura. El vapor presurizado se expande a una presión menor en una turbina de etapas múltiples y posteriormente se canaliza a un condensador que opera al vacío, o bien, a un sistema de distribución que entrega el vapor para su uso en una aplicación industrial o comercial. Finalmente, el condensado es recirculado a través de una bomba para la continuación del ciclo.

Existen tamaños de 100 kW a 250 MW.

Entre los principales actores involucrados con la cogeneración en México, se encuentran la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

2.5 Marco institucional, legal y regulatorio aplicable a la cogeneración

El marco jurídico vigente que regula la prestación del servicio público de energía eléctrica resulta, en términos generales, adecuado y completo para encauzar y satisfacer las demandas de los usuarios y las formas de obtener recursos para prestar dicho servicio y las necesidades futuras de inversión, sin perjuicio de su perfeccionamiento e inevitable evolución atentos a las tendencias internacionales y la propia realidad de nuestro país.

Dicho marco ha permitido prestar el servicio de manera eficiente, extensiva y económica en todo el país. Asimismo, ha alentado la participación de los inversionistas y la iniciativa de los particulares, nacionales y extranjeros, otorgando seguridades apropiadas en el área de generación eléctrica. En otras áreas de la industria, continúa la posibilidad de participar a través de los esquemas tradicionales de proveeduría y contratación de obra pública.

En México, por mandato constitucional, la nación tiene el derecho de administrar y regular la producción de energía eléctrica, así mismo el aprovechamiento de los recursos naturales, y del medio ambiente para contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes y tender al desarrollo sustentable.

Es como se tiene la responsabilidad de establecer las medidas necesarias para preservar el equilibrio ecológico y todo lo que afecte en la producción de energía.

2.5.1 Marco institucional

Desde finales del siglo XIX, la energía eléctrica ha ido conquistando en la sociedad moderna, el destacado lugar que hoy ocupa, como un insumo vital, de la actividad económica. Es más, los esfuerzos de planeación del desarrollo y de su implementación, parten del supuesto de contar con energía eléctrica, y si es posible, que ésta sea suficiente, oportuna, segura, estable y al menor costo posible.

En lo que corresponde a las instituciones involucradas, para dar respuesta a situaciones que no permitían el desarrollo económico del país, el gobierno federal decidió crear, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad, que en una primera etapa se dio a la tarea de construir plantas generadoras para satisfacer la demanda, sobre todo con alumbrado

público y para casas habitación, como es de suponerse, la regulación jurídica de un sector, considerado estratégico y prioritario por nuestra norma fundamental, y de esta vasta empresa pública comprende una variada y prolija interrelación de ordenamientos y disposiciones legales, que rigen tanto su ámbito administrativo, de organización y control, cuanto su actividad sustantiva de operación y funcionamiento.

Por otro lado se tiene la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), la cual cuenta con un área dedicada a promover la Cogeneración, que busca identificar la posibilidad de introducir ahorros de energía en las industrias con potencial de cogeneración, por lo que ha realizado una intensa labor de información y promoción en múltiples foros y seminarios regionales, nacionales e internacionales. Proporciona asesoría para el desarrollo de estos proyectos e integra a la Subcomisión para Promover Proyectos de Cogeneración, que cuenta con 89 miembros del sector público, desarrolladores, sector privado, sector educativo y fabricantes. La Secretaría de Energía, a través de la CONUEE, expide las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) de eficiencia energética, las cuales son elaboradas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), en colaboración y con el consenso de los sectores público,

privado, social, y de investigación y desarrollo tecnológico.

Así mismo, como ya se mencionó las funciones de regulación se asignaron a la CRE a través de la expedición, en 1995, de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía. Esta Ley transformó a la CRE, de ser un órgano consultivo en materia de electricidad, como lo estableció su decreto de creación en 1993, a uno desconcentrado de la Secretaría de Energía, con autonomía técnica y operativa, encargado de la regulación de gas natural y energía eléctrica en México. La Ley determina las actividades del sector público y privado que se encuentran sujetas a regulación.

2.5.2 Marco legal y regulatorio

Existen varios artículos y leyes enfocadas en la cogeneración, como el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el cual menciona que corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público

Ley del servicio público de energía eléctrica (LSPEE), que se orienta a la producción independiente, el autoabastecimiento, la cogeneración y pequeña producción, así como la generación de energía eléctrica destinada a la exportación y la utilización de energía eléctrica de importación y a su vez el mismo

reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica regido a la cuestión energética del servicio eléctrico nacional. Además La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, otorga permisos de producción independiente, para la generación de energía eléctrica proveniente de una planta con capacidad mayor de 30 MW, autoabastecimiento, cogeneración y pequeña producción, para la generación de energía eléctrica.

Entre los instrumentos regulatorios para fuentes firmes de generación que ha diseñado la CRE se encuentran la metodología para la determinación de los cargos por servicio de transmisión contrato de interconexión, un convenio de compraventa de excedentes, el contrato de servicio de respaldo, el convenio de servicio de transmisión entre otros.

2.6 Aplicaciones de la cogeneración

Hoy en día, existen una gran variedad de proyectos de cogeneración, los cuales se pueden clasificar según su capacidad instalada en proyectos de gran, mediana y pequeña escala, así como de micro y mini cogeneración. Para cada clasificación, existen tecnologías, combustibles y una serie de aplicaciones que son representativos.

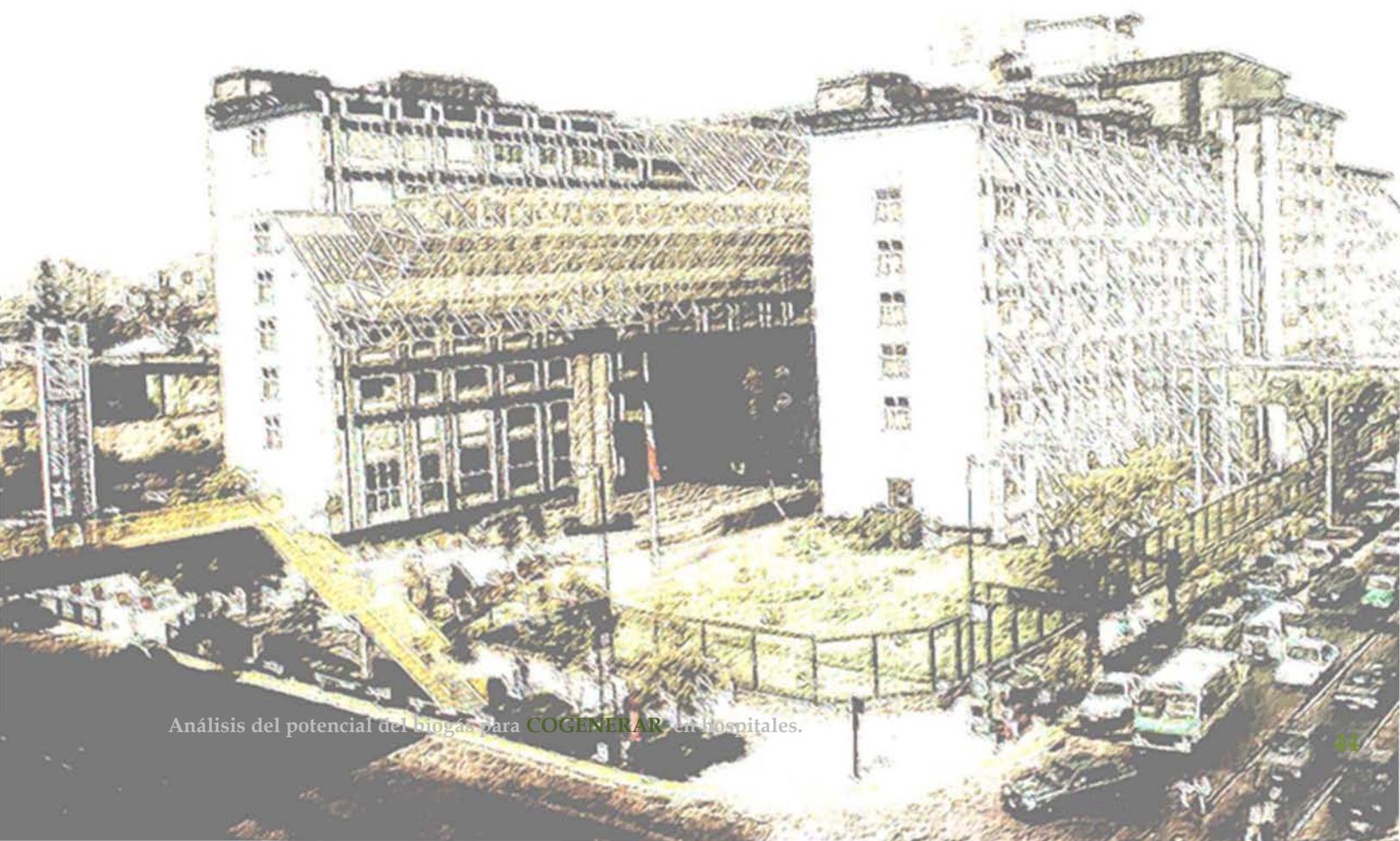
En la última década, el uso de la biomasa y el biogás como combustibles alternos en la generación de electricidad y en aplicaciones térmicas ha crecido de forma importante a nivel mundial. Uno de los combustibles sólidos con mayor crecimiento en los últimos años son los pellets a partir de residuos de biomasa, principalmente por su facilidad de transporte en grandes distancias. El principal mercado es Europa, de los cuales Francia, Alemania, Suecia y Finlandia satisfacen alrededor de la mitad de sus requerimientos térmicos con combustibles sólidos. En el año 2010, los sistemas de calefacción municipales representaron cerca del 10% de estos requerimientos térmicos, principalmente en Suecia, Finlandia, Dinamarca y Austria, registrando un incremento del 23.7% en ese mismo año, del cual los sistemas de cogeneración suministraron dos tercios del total.

De forma similar, el uso del biogás en aplicaciones térmicas se ha incrementado de forma importante en los últimos años, principalmente en proyectos de cogeneración.



III. Residuos.

3



Análisis del potencial del biogás para **COGENERAR** en hospitales.

Los materiales inorgánicos y orgánicos poseen diferentes propiedades químicas y físicas, cuentan con la capacidad de transformarse en energía por lo que los residuos pueden ser aprovechados para la generación de ésta; derivando en un enorme ahorro de la misma usada en industrias, empresas, oficinas, hospitales, escuelas, hogares, etc.; contribuyendo a la sustentabilidad ambiental al reducir el consumo de la energía obtenida de recursos no renovables como el petróleo, y sustituirla con energías renovables. Al transformar los residuos en energía en vez de desperdiciarlos, el impacto ambiental ocasionado por el consumismo disminuirá, nada es totalmente un desperdicio si se cuenta con las técnicas y tecnologías para transformarlo.

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más graves. La Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992) pide... *"La estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático..."*. Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera seguirán aumentando si no se realizan cambios importantes en la forma de utilizar los combustibles fósiles para proporcionar servicios de energía (Hoffert, Caldeira, Benford, & Criswell, 2002)

3.1 Definición

Con la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, que surgió en el 2004, aparece una nueva modalidad para resolver el problema de la basura; esto se refiere al aprovechamiento de todos los desechos.

Los residuos sólidos constituyen un problema para muchas sociedades; sobre todo, para las grandes ciudades así como para el conjunto de la población en general, y a nivel mundial.

Una manera sencilla de clasificar a los residuos, es a través de criterios específicos como lo puede ser su composición, en Orgánico, Inorgánico y Peligroso.

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) refieren principalmente a los materiales desechados por los domicilios, pero también incluye desechos comerciales como los hospitales e industriales que son de similar naturaleza y que son depositados en un vertedero municipal. Los RSU contienen una fracción significativa de papel, desechos alimenticios, madera y recortes de poda, metales y vidrios, como también derivados del petróleo como plásticos, gomas y telas sintéticas

Profundizando en los métodos de gestión de residuos se plantean, en la ilustración 4, las diferentes alternativas para la recuperación de los residuos. Dentro de lo que es "recuperación", las soluciones más deseables son: la digestión anaerobia y el compostaje aerobio, aunque esto sólo es

posible si los residuos orgánicos han sido separados en la fuente. Luego se encuentran las tecnologías para conversión de residuos en energía. Estas pueden darse de diferentes formas, como ser: la incineración directa, la gasificación y combustión.

Dentro de los métodos de disposición final en vertederos, se encuentran los rellenos sanitarios que capturan el metano, y lo utilizan para generar energía eléctrica; luego aquellos rellenos que capturan metano pero no generan energía a partir de él, sino que simplemente lo queman en una antorcha; y finalmente, como opción menos deseada, los vertederos a cielo abierto



Ilustración 4. Alternativas para la recuperación de residuos.

3.2 Propiedades de los residuos

La composición de los residuos es un elemento fundamental para la selección de la mejor tecnología para la conversión de residuos en energía. Es por ello que existen diferentes normas a nivel internacional para realizar un correcto estudio de los residuos a tratar. En la Tabla 4 se describe algunas de éstas normas:

Tabla 4. Normas internacionales para el estudio de muestras de Residuos Sólidos.

Norma	Descripción
ASTM D 5231-9 2(2003)	Metodología para la medición de la composición de MSW mediante una clasificación manual de los residuos
ASTM E790/830/897	Determinación porcentual del contenido de humedad, cenizas, volátiles y carbono fijo de los residuos
ASTM E777/778	Método para la determinación porcentual del contenido de carbono (C), hidrógeno (H) y nitrógeno (N).
ASTM E955	Determinación del poder calorífico superior de una muestra de MSW

3.2.1 Composición física-química de los residuos.

Para poder calcular de forma estimada la composición química de los residuos, se utilizan tablas que determinan el porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y cenizas, de los componentes típicos de los residuos. A modo de ejemplo se muestra la estimación de la composición química de los residuos (véase tabla 5):

Tabla 5. Composición físico-química de los residuos.

Componente	Comp. Física (% peso, base seca)	Análisis último del componente (% peso, base seca)					
		C	H	O	N	S	Cenizas
Materia orgánica	60%	48	6,4	37,6	2,6	0,4	5
Plásticos	18%	60	7,2	22,8			10
Cartón	7%	44	5,9	44,6	0,3	0,2	5
Papel	4%	43,5	6	44	0,3	0,2	6
T textiles	4%	55	6,6	31,2	4,6	0,2	2,5
Vidrio	3%	0,5	0,1	0,4			98,9
Metales	0%	4,5	0,6	4,3			90,5
Otros	4%	26,3	3	2	0,5	0,2	68
Composición química MSW		47,68	6,18	32,88	1,8	0,28	11,18
Humedad (%peso)		59%					

3.2.2 Poder calorífico de los residuos

Es necesario diferenciar en un combustible el poder calorífico inferior (pci) y el poder calorífico superior (pcs). La diferencia entre ambos radica básicamente en la energía asociada a la condensación del vapor de agua contenido en los gases de la combustión.

Dado que por condiciones medioambientales no se puede alcanzar una temperatura de los gases de 0 °C, donde se aprovecharía el calor de cambio de estado del agua (597 kcal / kg vapor de agua condensador), el pci tiene un significado mayor para el cálculo del potencial energético de los residuos.

Existen dos formas para el cálculo del pci: el método analítico y el método práctico.

El analítico consiste en sumar los poderes calóricos de los elementos principales que forman la muestra de basura, ponderados por su fracción en peso, descontando de la cantidad de hidrógeno total la que se encuentra ya combinada con el oxígeno. Para ello se utilizan los datos provistos por el análisis último. Por ejemplo, si se tiene la composición de un combustible en base seca, el pci se puede calcular de la siguiente manera:

$$PCI \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] = 8.140 \cdot C + 29.000 \cdot \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2.220 \cdot S - 600 \cdot H_2O$$

El método práctico consiste en calcular el pci a partir del valor del pcs hallado mediante el ensayo de poder calorífico. Para poder hallar el pci basta con restarle el calor de cambio de estado del agua. Para ello se precisa conocer la cantidad de H del combustible (se obtiene del análisis último) y la humedad (análisis próximo). La ecuación resultante es la siguiente

$$PCI \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] = PCS \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] - 597 \cdot (9 \cdot H + H_2O)$$

Típicamente un valor aproximado del pci de los RSU es de 9-11 MJ/kg

De modo de aprovechar al máximo el potencial energético de los residuos, resulta conveniente aplicar la estrategia que se denomina “cogeneración” en donde una parte de la energía de los residuos se aprovecha como energía eléctrica y otra parte se convierte en energía térmica (generalmente a través de la generación de vapor para un proceso industrial o agua caliente para un proceso industrial o para calefacción). En la ilustración 5, se muestran las conversiones aproximadas que pueden obtenerse en un sistema de cogeneración.



Ilustración 5. Sistema de cogeneración.

3.3 Combustibles resultantes de la recuperación de residuos.

3.3.1. Biogás.

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos, (bacterias metanogénicas, etc...), y otros factores, en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico). Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, actúa este tipo de bacterias, generando biogás.

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un modo considerado útil para tratar residuos biodegradables ya que produce un combustible de valor además de generar un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico. El biogás tiene como promedio un poder calorífico entre 4 500 a 5 600 kilocalorías por metro cúbico. Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, calderas, u otros sistemas de combustión a gas, debidamente adaptados para tal efecto, y es nuestro principal caso de estudio, en esta investigación.

3.3.1.1 Mecanismos de producción de biogás.

La necesidad de alternativas de producción energética, mediante la implementación de prácticas amigables con el ambiente y el aprovechamiento de los recursos disponibles, crea un clima favorable para la promoción e implementación de la tecnología de digestores, obteniendo como beneficio la producción de biogás.

Existen dos grupos de digestores los dos tienen características similares de mantenimiento pero los resultados no son los mismos:

1. **Digestor continuo:** El diseño continuo es el más común y apropiado para instalaciones chicas (tamaño hogar) ya que no requiere de conocimiento especializado ni maquinaria grande. El digestor continuo tiene tres orificios; uno central que es cerrado después de hacer la carga inicial y es abierto después para limpiar el digestor (descarga total); un segundo orificio se usa para cargarlo diariamente en cantidades pequeñas con biomasa nueva; y un tercer orificio el cual permite sacar el bioabono periódicamente. El diseño de este digestor es favorable para que sea llenado con materiales blandos como el estiércol.

Ventajas del digestor continuo: Se puede controlar la digestión que es requerida por medio de la cantidad de biomasa depositada diariamente. La carga

y descarga del digestor no requiere de operaciones especializadas.

Desventajas del digestor continuo: Una baja concentración de sólidos que se pueden depositar adentro. No posee un buen diseño para tratar materiales que son más pesados que el agua (que no flotan), ya que no cuenta con un agitador. Puede tener problemas de limpieza y espuma. Un alto consumo de agua.

Tipos de digestores continuos más comunes: Entre los digestores continuos existen varios tipos; los más comunes son el digestor chino de estructura fija, el tipo hindú de campana flotante y el tipo balón de estructura flexible. El digestor chino es el más sencillo; el diseño hindú incorpora una campana flotante en la parte superior de la cámara de almacenamiento del gas, con la función de aplicar presión sobre el biogás y facilitar su extracción; el digestor tipo balón emplea una bolsa larga donde se almacena el gas.

2. **Digestor discontinuo o de carga intermitente:** Este digestor tiene solamente un acceso por donde se carga y se descarga. Se carga una sola vez para ser llenado y posteriormente usado; la fermentación demora entre 2 y 4 meses (dependiendo del clima) y se descarga cuando concluye la fermentación. Aunque es completamente posible emplear este diseño a una escala chica, es más común en las operaciones municipales o industriales. En este grupo el digestor es llenado por única ocasión (se cambia toda la biomasa hasta que se termine

el biogás) con la biomasa por lo que no hay cambio de materia orgánica que lo haga sostenible en la producción de biogás. Un metro cubico de biomasa produce aproximadamente medio metro de biogás y como no se le hace recargas de biomasa no hay manera de que genere más cantidad.

Ventajas del digestor discontinuo: Puede procesar gran cantidad de materiales y puede recogerse en campos abiertos sin importar si tiene materia seca pues esto no entorpece la operación del digestor. Puede llenarse con materiales secos que no absorben humedad (que floten en el agua) así como pasto, cascara de frutas y desechos de alimentos. Se pueden manejar las variables relacionadas con la fermentación como la de la temperatura, tiempo de retención, carga depositada y los periodos de carga y descarga. No requiere atención diaria.

Desventajas del digestor discontinuo: Cargar el digestor requiere de mucho trabajo y paciencia. La descarga del digestor también es un trabajo muy tedioso.

3.3.2 Gas de síntesis (syngas)

El gas de síntesis (syngas o synthesis, gas en inglés) es una mezcla gaseosa formada principalmente por hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO).

La oxidación parcial puede ser aplicada a alimentaciones sólidas que

pueden ser carbón, coque de petróleo, combustibles con alto contenido de azufre, materiales que de otra forma se dispondrían como residuos y biomasa. Existen otros procesos térmicos similares que son la pirolisis y la incineración, la diferencia radica en el nivel de oxígeno en la reacción, calentamiento interno o externo, temperatura de operación y productos.

La gasificación se lleva cabo con suministro controlado del agente oxidante de manera que se encuentre en el reactor en cantidades subestequiométricas y produzca un gas de síntesis. Sin embargo, es importante resaltar que en la práctica se alimentan cantidades de oxígeno mayores a las estequiométricas, sin que se compare con procesos de incineración los cuales manejan relación de oxígeno y carbono mayores a 2.5 (Phillips, 2010). Los reactores de gasificación se clasifican en dos tipos, convencional o gasificación por plasma (The Gasification Technologies Council (GTC) , 2014).

El gas de síntesis está compuesto principalmente de hidrógeno (H₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). Dependiendo de la temperatura de los procesos se obtienen subproductos como carbón no quemado, alquitranes, cenizas o escorias. El uso final de los productos de la gasificación puede ser como materia prima de otros procesos o como combustible para la generación de energía eléctrica. La temperatura de operación se encuentra entre un intervalo de 500 a 1,500 °C y la presión de

operación es de atmosférica a 40 bar para ciclos combinados (Higman, 2003). El reactor donde se llevan a cabo las reacciones químicas de gasificación se le conoce como gasificador.

3.3.2.1 Mecanismos de producción de gas de síntesis.

La situación energética y ambiental actual hace que la generación de energía mediante sistemas basados en energías renovables tome cada vez una mayor relevancia. La gasificación se viene impulsando durante los últimos años para reducir el consumo de combustibles fósiles y contribuir a disminuir los gases de efecto invernadero.

Frente a la necesidad de resolver los problemas derivados de la existencia de residuos, surge la posibilidad de evaluar diferentes tecnologías de valorización energética, que permitan darles un tratamiento a los residuos sólidos.

Los procesos de gasificación se clasifican según tres tipos de reactores (Arias, 2012) :

- *Lecho agitado (fijo) o de contracorriente:* En el gasificador de lecho agitado, o gasificador de lecho fijo, una columna o lecho de carbón triturado se soporta por medio de una parrilla comprendiendo el proceso una serie de reacciones en contracorriente
- *Lecho fluidificado o de mezcla en contracorriente:* El lecho se comporta

como un líquido en ebullición y el calor se transfiere rápidamente a las paredes. Debido a altas velocidades de reacción, los lechos fluidizados funcionan a temperaturas, por lo general 800-900°C, inferiores a temperaturas en que las partículas de ceniza comienzan a aglomerarse. A estas temperaturas, si se añade caliza al lecho ésta reacciona con el azufre de carbón y forma compuestos sólidos que se eliminan con la ceniza.

- *Flujo arrastrado o de equicorriente:* es un reactor en equicorriente que consiste en un sistema de dos fases de sólidos finamente divididos dispersos en un gas; las partículas de carbón pulverizado reaccionan con el vapor oxidante en un tiempo de residencia muy corto.

Además, de los procesos convencionales, se tiene una más reciente, denominada *gasificación por plasma*.

El calentamiento por plasma es una tecnología que se ha usado en plantas industriales con aplicaciones que van desde industria química a metalúrgica. La tecnología de plasma se basa en la ionización de gas inerte por medio de descargas eléctricas o fotoionización, resultando en la formación de un arco eléctrico con temperaturas tan altas como 6,000°C. El plasma se produce a través de una antorcha, este aparato convierte electricidad en calor vía la resistencia del plasma. La aplicación de la tecnología de plasma a residuos causa la gasificación y disociación molecular de la materia orgánica a 2,000°C. Al agregar vapor

se dan las reacciones de gasificación sin reacciones intermediarias. La gasificación por plasma virtualmente puede procesar cualquier residuo sin tratamiento previo, y el reactor se diseña en base a las características físicas de la alimentación. La antorcha está usualmente montada en la pared de un contenedor circular y está alineada para que los residuos caigan en la zona del arco de plasma. El cátodo y el ánodo de la antorcha son enfriados con flujo forzado de agua y aire.

3.4 Residuos generados en los hospitales

Las medidas sustentables implementadas en hospitales, hasta el momento; son el resultado de la concientización de que el uso desmedido de energías no renovables y recursos naturales, están agotando y modificando el medio ambiente; sin embargo, aún son escasas. El objetivo de esta investigación es visualizar los beneficios ambientales, económicos y sociales de implementar estrategias sustentables en los hospitales, además de conocer las características, sistemas, procedimientos y materiales que conforman un hospital sustentable, desde la estructura arquitectónica hasta el manejo de los recursos y residuos, para lograr que el impacto ambiental sea mínimo.

La generación de residuos es la producción de los residuos en cada área del

hospital o centro asistencial y se expresa en términos de peso kg/día o volumen m³/día. Los países de ingresos elevados generan en promedio hasta 0,5 kg de desechos peligrosos por cama y día, mientras que en los de ingresos bajos el promedio se sitúa en 0,2 kg por cama hospitalaria y día. Sin embargo, en estos últimos países los desechos de la atención sanitaria que son peligrosos no se suelen separar de los no peligrosos, por lo que en realidad la cantidad de desechos peligrosos es mucho mayor. (Elias, 2001)

De todos los desechos que generan las actividades de atención sanitaria, aproximadamente un 80% corresponde a desechos comunes, el restante 20% se considera material peligroso que puede ser infeccioso, tóxico o radioactivo. (Organización Mundial de la Salud, 2011)

La cantidad de residuos que se producen depende del conocimiento que tenga el personal para separar o segregar los diferentes componentes y realizar su acondicionamiento, el número de consultas diarias o camas ocupadas y el nivel de complejidad y frecuencia en la prestación.

La definición de los desechos médicos a gestionar varía mucho en función de los países. El término "desechos médicos" a menudo se ha utilizado de manera intercambiable con otros términos como "residuos hospitalarios", "desechos clínicos", "residuos sanitarios", "desechos infecciosos", "desechos biomédicos" o "residuos biológicos peligrosos".

En todo el mundo esto ha tenido como resultado la confusión y mala interpretación de los resultados de investigación y otros trabajos relacionados con los desechos médicos.

Por lo tanto, como es el caso de otros residuos sólidos, es muy importante proporcionar una clara definición y el alcance de residuos médicos por las legislaciones y reglamentos como uno de los primeros pasos en el manejo adecuado de los residuos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define desechos sólidos hospitalarios como los residuos sólidos que se generan en el diagnóstico, el tratamiento, o la inmunización de humanos seres o animales, y en la investigación relativa a la misma, o las pruebas de sustancias biológicas, placas de cultivo, entre otros. También incluye guantes quirúrgicos y de instrumentación, agujas, bisturís e hisopos utilizados para inocular cultivos y órganos anulados del cuerpo. (Organización Mundial de la Salud, 2011)

Los desechos médicos son a menudo considerados como una subcategoría potencialmente infecciosos de los hospitales, pero tomando otra definición de la OMS, los desechos médicos se definen como cualquier residuo que se generan en el diagnóstico, tratamiento, examen o investigación en los hospitales generales, clínicas y centros veterinarios, y los cuales entrarán dentro del objetivo a analizar, incluyendo los residuos comunes. (Organización Mundial de la Salud, 2011)

En la ilustración 6, podemos observar, a manera de dimensionar gráficamente los tipos de residuos generados en el hospital, y como lo menciona la OMS, un 80% corresponde a los desechos comunes que muchas veces es malinterpretado como infecciosos, y el 20% restante, corresponde a los desechos por tratamientos médicos e incluido en ese porcentaje, los residuos infecciosos que realmente se produce en menor proporción, y muchas veces no se suelen separar de los no peligrosos, por lo que en realidad la cantidad de desechos peligrosos al final es mucho mayor.

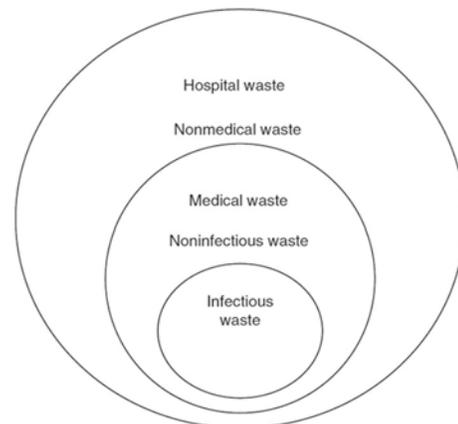


Ilustración 6. Jerarquía de residuos hospitalarios, residuos médicos e infecciosos.

Fuente: 2011 Elsevier B.V. All rights reserved

La alternativa más efectiva para afrontar la problemática de los residuos de los centros de atención en salud es minimizar su generación mediante la reutilización, reciclaje y reducción de la cantidad de materiales usados. La minimización de residuos debe ser considerada prioritaria en un programa de manejo de residuos. Sin

embargo, esta técnica no es aplicable a todos los residuos y no siempre es una opción práctica, pues algunas veces produce otro tipo de residuos peligrosos.

En los últimos años, el sector salud de muchos países ha asumido un papel cada vez más activo en esfuerzos como éstos de buena gestión medioambiental. Ha llegado el momento de que el sector salud responda a

la realidad del cambio climático asumiendo un papel de liderazgo moral y tangible en los esfuerzos de mitigación del cambio climático en todo el mundo, comenzando por sus propias políticas y prácticas.

3.4.1 Tipos de desechos

En la tabla 6 podemos observar la producción de los residuos hospitalarios, según el área operativa:

Tabla 6. Tipo de residuos hospitalarios.

AREAS	TIPO DE RESIDUOS				
	ANATOMOPATOLOGICOS	BIOMICODICOS	CORTO PUNZANTES	TOXICOS ESPECIALES	COMUNES
SERVICIOS CLINICOS					
MEDICO	X	X	X		X
QUIRURGICO	X	X	X		X
QUIROFANO	X	X	X		X
CUIDADOS INTENSIVOS	X	X	X		X
SALAS DE AISLAMIENTOS	X	X	X		X
UNIDAD DE DIALISIS	X	X	X		X
UNIDAD DE ONCOLOGIA	X	X	X		X
URGENCIA	X	X	X		X
CONSULTAS EXTERNAS	X	X	X		X
SALA DE AUTOPSIAS	X	X	X		X
RADIOLOGIA	X	X	X		X
LABORATORIOS					
HEMATOLOGIA	X	X	X	X	X
MICROBIOLOGIA	X	X	X	X	X
INVESTIGACION	X	X	X	X	X
PATOLOGIA	X	X	X	X	X
BIOQUIMICA	X	X	X	X	X
MEDICINA NUCLEAR	X	X	X	X	X
SERVICIOS AUXILIARES					
BANCO DE SANGRE	X	X	X		X
FARMACIA		X			
CENTRAL DE SUMINISTROS					X
LAVANDERIA		X			
COCINAS					X
INCINERACION	X	X	X		X
AREAS PUBLICAS					X

Fuente Organización Mundial de la Salud

El crecimiento demográfico, la modificación de las actividades productivas

y el incremento en la demanda de los servicios, han rebasado la capacidad del

ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad; por lo que es necesario contar con sistemas de manejo integral de residuos adecuados con la realidad de cada localidad. Por tal motivo y como parte de la política ambiental que promueve el Gobierno Federal, se pretende a través de la NOM-087-SEMARNATSSA1-2002 que trata sobre la protección ambiental, salud ambiental y Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos (RPBI), así como la clasificación y especificaciones de manejo, regular la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que los sitios destinados a la ubicación de tal infraestructura, así como su diseño, construcción, operación, clausura, monitoreo y obras complementarias; se lleven a cabo de acuerdo a los lineamientos técnicos que garanticen la protección del ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales, la minimización de los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y la protección de la salud pública en general.

El reducir la generación de contaminantes en los hospitales requiere de implementar procedimientos, productos, materiales y sistemas para el re-uso, reciclado y uso eficiente de los recursos. Las medidas que se pueden tomar son reciclaje de basura, manejo sustentable de residuos hospitalarios, uso de energías renovables para la iluminación y el calentamiento y bombeo del agua, recolección y re-uso de

agua de lluvia, así como el tratamiento de aguas residuales.

Cada una de ellas permiten el aprovechamiento de recursos en diferentes áreas del hospital y contribuyen a reducir los residuos, emisiones y contaminación que esté genera. Los sistemas y procedimientos que se implementan son de acuerdo a las capacidades, necesidades, instalaciones y la ubicación del hospital.



IV. Método

4



El uso de los biocombustibles en la arquitectura y el urbanismo resulta una opción muy interesante desde el punto de vista ambiental; la biomasa es un recurso renovable que puede utilizarse como materia prima en sustitución de otras fuentes de energía con un mayor impacto sobre el medio ambiente y la salud, como es el caso de los combustibles fósiles. Además, ésta permite evitar la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero. En el futuro, se espera un incremento en las medidas para reducir la demanda y para favorecer fuentes limpias de energía, por medio del establecimiento de nuevos marcos regulatorios, la utilización de incentivos económicos y el desarrollo y promoción de tecnologías más eficientes.

El biogás es un producto proveniente de las bacterias más viejas que existen en el mundo, las bacterias metanogénicas y está compuesto principalmente por Metano, el mismo componente del gas natural (40 a 70 vol. %), Dióxido de Carbono (30 a 60 vol. %) y otros, en cambio el gas de síntesis está compuesto principalmente de hidrógeno (H₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). El uso final de los productos de la gasificación puede ser como materia prima de otros procesos o como combustible para la generación de energía eléctrica.

Este trabajo plantea analizar la producción de biogás con la fracción orgánica de los residuos que se generan en el hospital incluyendo el diseño y dimensionamiento del sistema, por lo que comprende de varias etapas que inician en la caracterización de los residuos por medio del muestreo puntual así como el cálculo de balance de materia y energía que posee cada uno para poder dimensionar los equipos principales del proceso y realizar una estimación de costo de inversión y posible selección de tecnología a utilizar.

Dentro de los alcances de esta investigación se espera analizar la generación de residuos y su respectivo aprovechamiento energético a través del biogás en el caso específico del Centro Médico Nacional (CMN) 20 de Noviembre.

Además para este estudio se hace un análisis del sistema eléctrico y térmico actual del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre para después proponer y analizar termodinámicamente un sistema de cogeneración que se adecue a sus necesidades particulares.

Para lograrlo, es necesario cubrir los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una investigación sobre la situación energética, tanto eléctrica como térmica de la institución a estudiar.
- Calcular y determinar los requerimientos energéticos de la institución.

- Proponer y analizar un sistema de cogeneración que se ajuste a estos requerimientos.
- Concluir con base en los resultados obtenidos del análisis.

4.1 Descripción de caso de estudio.

El hospital es uno de los proyectos más complicados de realizar, puesto que se trata de un edificio que contiene en un mismo conjunto gran variedad de usos: hospitalización, oficinas (administración), escuela (investigación y enseñanza), mantenimiento (zona de instalaciones y talleres), procesos (bloques de quirófanos, rehabilitación, tratamiento o diagnóstico), restaurante (nutrición y dietética), estacionamientos, paisajismo (jardines y patios) e, incluso, áreas comerciales.

Un edificio hospitalario, como cualquier edificio, interactúa constantemente con su entorno a nivel energético, cediendo o acumulando energía en su interior, según sea invierno o verano. La volumetría del edificio, junto con factores como la orientación, la situación geográfica, los materiales, el color de la fachada, las aberturas o los aislamientos térmicos, ejercen un efecto directo sobre la demanda de climatización, y, por consiguiente, sobre el consumo final de energía.

El Centro Médico Nacional 20 de Noviembre es hasta ahora la cúspide de la red hospitalaria de una de las instituciones más importantes en salud en el país, y da servicio a gran parte de la población mexicana.

El hospital es reconocido también por sus logros en el campo académico y de la investigación pura y aplicada, debido a que cuenta con una área de posgrado (especialidades, subespecialidades, maestrías y doctorados, y se dispone de campos clínicos para la formación de recursos humanos para la Salud.

Dada la complejidad de las especialidades con las que cuenta, se tiene una significativa población médica y derechohabiente, y este constante funcionamiento trae consecuencias como un elevado costo por su operación y algo muy importante la generación de residuos diaria, lo cual genera una aportación federal elevada para su mantenimiento.

El conjunto hospitalario se localiza en la Avenida Félix Cuevas, Núm. 540 Colonia del Valle en la Delegación Benito Juárez, C.P. 03100 en la Ciudad de México. Este conjunto lo integran un total de siete edificios, como podemos observar en ilustración 7, el núcleo se compone por un predio de 14,751.65 m², delimitado por la Av. Félix Cuevas al sur, al norte con la calle San Lorenzo, al poniente con la calle Dr. Roberto Gayol y al oriente con la Av. Coyoacán; es aquí donde se desplanta el Hospital de Especialidades con un área construida de 6,044.79 m², este edificio se

integra por nueve niveles, planta baja y un semisótano, con una área total construida de 55,820.78 m².

El edificio B, alberga el servicio de Consulta Externa, en un predio con un área 1,026.00 m², se tienen 10 niveles y un sótano, el cual en su totalidad tiene un área de construcción de 7,706.38 m². El edificio C, a su vez contiene la parte administrativa de todo el conjunto, el cual está ubicado sobre la calle Dr. Roberto Gayol, en un predio con un área de 562.72 m², se tienen tres niveles con un total de 1,224.72 m². Para el edificio D, dirigido a la Enseñanza e Investigación del Instituto, junto al edificio E que contienen las aulas, se tienen en el primero cuatro niveles con un total de 8,995.32 m² y en el segundo solo tres niveles con un total de 1,185.60 m² de construcción, respectivamente.

El conjunto médico tiene un total de 74,932.80 m² de construcción.

A partir de 1994 el hospital, se remodeló y se conformó como Centro Médico Nacional, con servicios de alta especialidad con procedimientos médico-quirúrgicos y precisión diagnóstica, atiende a pacientes referidos del 2do. y 3er. nivel del ámbito nacional. En su estructura física integra equipo médico de tecnología de vanguardia como: resonancia magnética nuclear, litotricia extracorpórea, neurocirugía esterotáxica, acelerador lineal entre otros.

Además de ser el centro de excelencia académica y de investigación del ISSSTE, a

diferencia del 2do. y 3er. nivel de atención, no cuenta con servicios de urgencias, para lo cual los pacientes que requieren de hospitalización son ingresados por Admisión Continua.



Ilustración 7. Conjunto del C.M.N. 20 de Noviembre.

Fuente (Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, 2013)

De acuerdo a su capacidad física instalada, actualmente el Hospital cuenta con 380 camas censables y 145 no censables, así mismo con tres laboratorios, central, de pruebas especiales y áreas críticas respectivamente.

Cuenta con 65 peine de gabinetes y 11 gabinetes radiológicos además se tienen 15 quirófanos de los cuales, tres se encuentran en el cuarto piso, seis en el sexto piso y dos en el octavo piso, y cuenta también con un banco de sangre y un total de 104 consultorios para consultas.

El Centro Médico Nacional (C.M.N.) “20 de Noviembre” del ISSSTE, es un Hospital de Tercer Nivel Alta Especialidad, cúspide de la atención médica del propio Instituto. Como se observa en la ilustración 8, el marco de actuación que tiene el C.M.N. para atender a 329,428 Derechohabientes, de donde podemos deducir su inmensa actividad operatoria durante los 365 días del año.



Ilustración 8. Marco de actuación del C.M.N. 20 de Noviembre.

Fuente: (Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, 2013)

Las instalaciones de un hospital están básicamente constituidas por las siguientes áreas principales:

- **Área de Atención:** Oficinas administrativas, áreas de diagnóstico médico, urgencias, consultorios externos y hospitalización.

- **Área de servicios comunes:** cocina, cafetería, explanada de acceso
- **Área de Servicios:** Casa de máquinas hidráulica, eléctrica y gases medicinales, talleres de mantenimiento y servicios generales.

Se considera fundamentalmente, el comportamiento del hospital y todas sus áreas antes mencionadas con el entorno, proporcionando un marco de actuación, el cual se basará en aspectos como el establecimiento de mecanismos para la separación correcta de residuos, reducción de los mismos, ahorro de los recursos naturales y control de la contaminación atmosférica, aguas, red de saneamiento y del suelo.

Con respecto a la operación del hospital, en cuestión energética, requiere de dos tipos de energía, la energía térmica y la energía eléctrica. Para la producción de energía térmica se usa diésel y gas LP, y en referencia para el suministro de energía eléctrica, se tienen cinco acometidas que abastecen todo el conjunto, con dos tarifas eléctricas, HM para los edificios principales y 03 para el estacionamiento y edificio de talleres.

Así mismo, se tiene una alta producción de residuos, divididos en residuos municipales, biológicos infecciosos y de manejo especial.

4.2 Método

El desarrollo del método se concibió en tres etapas: en primera instancia, el análisis de necesidades eléctricas y térmicas y la producción de residuos en el hospital, todo ello por medio de la facturación. Para la segunda acción, el proceso biológico para la obtención de combustible con los residuos orgánicos, es decir la producción de biogás a través de un digestor. Para la tercera y última se plantea la factibilidad económica al emplear el sistema de cogeneración con el biogás obtenido y se hace la comparación usando gas natural.

Con la finalidad de estudiar y analizar el aprovechamiento energético de los residuos se buscó analizar esta producción en el Centro Médico, para lo cual se solicitó al departamento de Servicios Generales los datos de facturación de recolección de residuos correspondiente al año 2013, en donde se hace la primera clasificación general de estos desechos, y se establece que el hospital genera residuos municipales, dividido en residuos orgánicos, inorgánicos y de Manejo especial, estos registrados en metros cúbicos por día.

La siguiente clasificación, corresponde a los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos denominados comúnmente RPBI's, estos se clasifican según su origen en líquidos, cultivos y cepas, punzocortantes, residuos patológicos, residuos no anatómicos y sangre, cuantificados en

kilogramos por día, los cuales quedarán descartados para su análisis.

Un edificio hospitalario, como cualquier edificio, interactúa constantemente con su entorno a nivel energético, cediendo o acumulando energía en su interior, según sea invierno o verano. La volumetría del edificio, junto con factores como la orientación, la situación geográfica, los materiales, el color de la fachada, las aberturas o los aislamientos térmicos, ejercen un efecto directo sobre la demanda de climatización, y, por consiguiente, sobre el consumo final de energía.

El estudio a su vez está basado en los requerimientos energéticos del hospital, para ello se analizaron las facturas de la compañía que abasteció de energía eléctrica al conjunto médico durante el año 2013 para determinar su consumo promedio, y así mismo el análisis de las facturas de las compañías que suministran los combustibles, el diésel para la generación de agua caliente y vapor en la calderas para esterilización y el gas l.p. para los laboratorios de investigación y área de cocción en cocinas, estos también consultados para el año 2013.

4.2.1 Análisis energético.

4.2.1.1 Facturación eléctrica

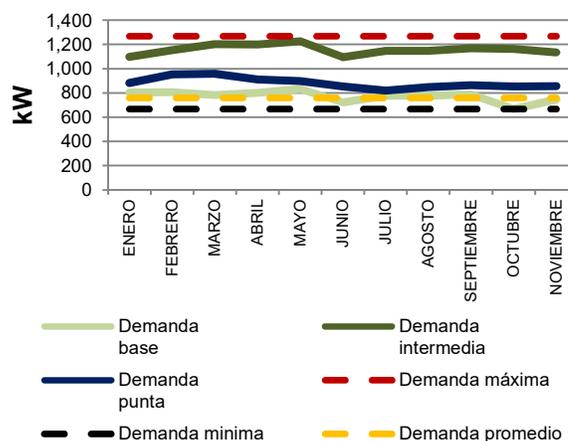
La energía eléctrica se utiliza, a grandes rasgos, para iluminación, aire acondicionado, aparatos de oficina, tanques hidroneumáticos, bombas y equipo médico y de investigación.

El conjunto del Centro Médico Nacional debido a la magnitud de sus edificios, cuenta con cinco acometidas según datos que aparecen en el registro de C.F.E., Las tarifas contratadas con la CFE es en media tensión H-M (demanda mayor a 100 kW) y tarifa 03 (demanda menor a 100 kW) asignadas de la siguiente manera:

1. I.S.S.S.T.E. HOSPITAL 20 DE NOVIEMBRE con tarifa HM.
2. I.S.S.S.T.E. LABORATORIOS con tarifa HM.
3. I.S.S.S.T.E. EDIFICIO MÉDICOS con tarifa HM.
4. I.S.S.S.T.E. ESTACIONAMIENTO con tarifa 03.
5. I.S.S.S.T.E. TALLER DE MANUFACTURA con tarifa 03.

Al integrar estas demandas, mediante la recolección de información de recibos de CFE, se obtiene la gráfica 1. La línea punteada roja indica la demanda máxima registrada (demanda más importante dentro de la investigación), la línea punteada negra indica la demanda mínima, y la línea punteada amarilla resalta la demanda

promedio (cuyo cálculo es explicado más adelante).



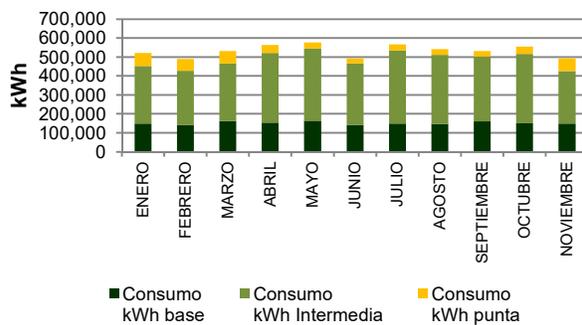
Gráfica 1. Demanda eléctrica del CMN 20 de Noviembre. Demanda base, intermedia y punta en un periodo 11 meses.

De la gráfica 1 se puede observar que la demanda máxima se ha comportado homogénea durante el año en cada periodo: base, intermedio y punta.

Para poder comprender de una mejor forma la demanda máxima, se define que representa para un instante dado, la máxima coincidencia de cargas eléctricas operando al mismo tiempo, en otras palabras cuando todos los equipos que requieren energía eléctrica están funcionando al mismo tiempo por un periodo de 15 minutos consecutivos.

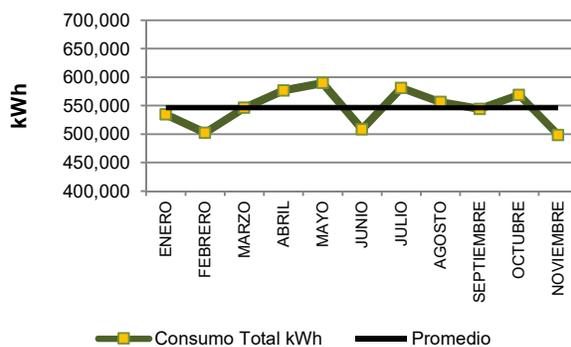
Finalmente, el tener una demanda prácticamente constante en el año permite dimensionar de forma más adecuada el sistema de cogeneración.

En la gráfica 2, se muestran los consumos de Enero a Noviembre durante el 2013. De acuerdo al número de horas que se tienen en cada horario, si se tuviera una demanda constante durante todo el día los porcentajes de consumo de energía serían, sacando un promedio general de los consumos durante los 11 meses se obtiene 28.45% para base, 63.16% para intermedio y 8.39% para punta.



Gráfica 2. Consumo eléctrico del CMN 20 de Noviembre. Consumo base, intermedio y punta en un periodo 11 meses.

En la gráfica 3 se puede observar el comportamiento del consumo total en el conjunto del Centro Médico, observándose una variación mínima cerca del 10 % respecto al consumo total. (Véase anexo 1).



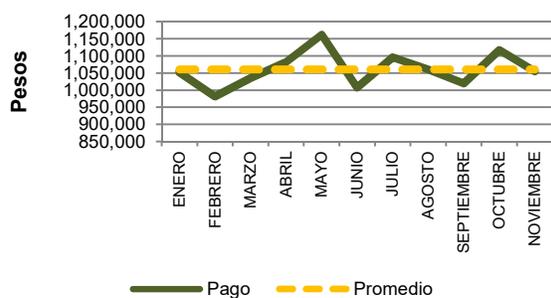
Gráfica 3. Consumo eléctrico del CMN 20 de Noviembre. Consumo total en un periodo 11 meses.

Análisis del potencial del biogás para COGENERAR en hospitales.

La acometida que refleja los valores más altos, es la que corresponde al edificio del hospital con tarifa HM ya que posee equipos complejos con un alto consumo de energía eléctrica, como por ejemplo tomógrafos y equipos de resonancia magnética que necesitan un voltaje entre 50 y 80 kVA por citar algunos, así mismo también se observa un descenso en el mes de Junio, es en esta fecha correspondiente al comienzo de periodo vacacional, los derechohabientes no solicitan citas y por ende se utilizan menos los equipos mencionados.

En las gráficas dos y tres, observamos el comportamiento durante el 2013 respecto a los periodos base, intermedios y punta, de acuerdo a la tarifa empleada. Es así como nos damos cuenta, que el consumo base e intermedio es casi uniforme en todo el año, a diferencia del consumo intermedio que tiene diferentes variaciones, y tiene un fuerte descenso en el verano y se vuelve a incrementar a principios del mes de Agosto debido a la continuidad de los tratamientos médicos, y por consecuencia el uso del equipamiento médico, el cual usa la mayor parte de la energía eléctrica en el conjunto hospitalario.

Al analizar los pagos en energía eléctrica (véase anexo 1) como se muestra en la gráfica cuatro se encontraron que en promedio el hospital paga mensualmente un millón de pesos, lo que da como un total de 12 millones de pesos aproximadamente cada año, lo que demuestra un importante gasto en el abasto eléctrico para el hospital.



Gráfica 4. Costos totales en energía eléctrica al 2013. CMN 20 de Noviembre.

Con este análisis de la facturación eléctrica encontramos que el mayor impacto se tiene en el edificio de hospitalización, mismo que contiene todo el equipamiento de especialidades para los diferentes estudios médicos.

Los resultados de las gráficas en el análisis eléctrico indican que la demanda del CMN 20 de Noviembre se comporta con grandes variaciones durante el día y durante el año. Este comportamiento es deseable para el sistema de cogeneración, ya que se puede dimensionar a una carga constante determinada sin tener que considerar casos extremos (demandas muy bajas o muy altas en horarios o meses específicos).

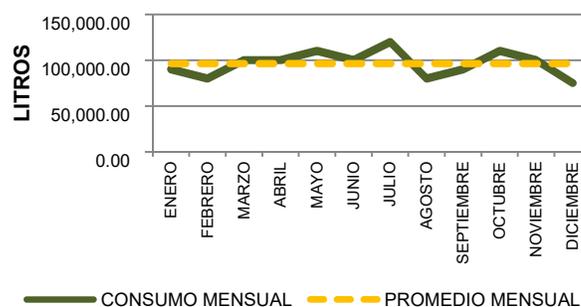
Una de las razones más importantes es porque un sistema diseñado a la medida alcanza una mayor eficiencia si trabaja a carga alta y constante durante la mayor parte de su operación.

4.2.2 Facturación térmica

La energía térmica en el CMN se utiliza para servicios de agua caliente como de vapor, empleado principalmente en el área de hospitalización y medicina física, el agua caliente se necesita para las habitaciones de los pacientes, terapias en rehabilitación, cocina y para los baños del personal. En cambio el vapor se requiere en primera instancia para calentar el agua, las autoclaves de la Central de Equipo y esterilización (CEYE) y cocina; cada una de las cuales lo solicita a distintas condiciones.

Los principales combustibles para lograr estas actividades son el diésel y el gas L.P., los cuales estudiaremos a continuación:

4.2.2.1 Consumo diésel



Gráfica 5. Consumo de diésel durante 2013 en el CMN 20 de Noviembre.

El consumo de diésel de cada mes se obtuvo a través de las facturas del año 2013. La línea amarilla indica el promedio mensual en un año, cuyo dato es de 96,250.00 lts.

En la gráfica cinco se puede observar que el consumo de diésel oscila entre los 80,000 lts y los 120 000 lts al mes. Por lo anterior, y tomando en cuenta los comentarios del personal encargado del área operativa de las calderas, es necesario tomar el consumo promedio de diseño. Por lo tanto, se concluye que mensualmente el CMN consume aproximadamente 100,000 lts de diésel.

Este consumo será utilizado en los balances de masa y de energía para obtener los flujos de agua, vapor y energía actuales.

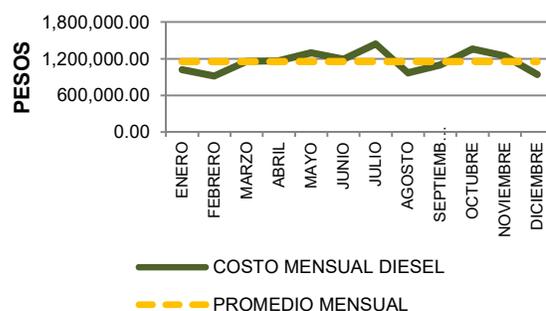
Para poder suministrar los servicios térmicos del hospital, se cuenta con dos calderas marca Powermaster modelo Wet Back A1-FMGL de 300 H.P.

La manera de calentar el agua consiste en producir vapor en la caldera y pasarlo por un serpentín que se encuentra dentro del tanque de almacenamiento de agua caliente. Al tener este esquema en la producción de calor la eficiencia es menor que utilizando una caldera de agua caliente; aquí hay que considerar la eficiencia de la caldera de vapor y la eficiencia del intercambiador de calor para hacer el balance energético. Si consideramos el requerimiento útil, la eficiencia actual del sistema aumenta la energía térmica utilizada.

Cada caldera se utilizan alternadamente cada mes y proveen de vapor y agua caliente a los sectores ya mencionados. En el consumo de diésel (véase anexo 8) se encontró un importante gasto, ya

que anualmente se está pagando aproximadamente 14 millones de pesos, consumiendo en promedio 100,000 litros mensuales tal se observa en la gráfica siete.

En la gráfica 6, observamos que el pago por el combustible consumido es proporcional. Es aquí donde encontramos una fuerte variación semejante al consumo de energía eléctrica, que es menor en el periodo de verano, debido a que disminuye el número de consultas en el hospital. Podemos destacar, que existe un costo elevado para la producción de agua caliente y el vapor utilizado para la esterilización de material y equipo médico.

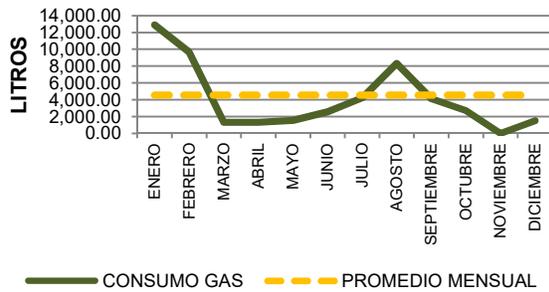


Gráfica 6. Pagos de diésel durante el 2013 en el CMN 20 de Noviembre.

4.2.2.2 Consumo de gas

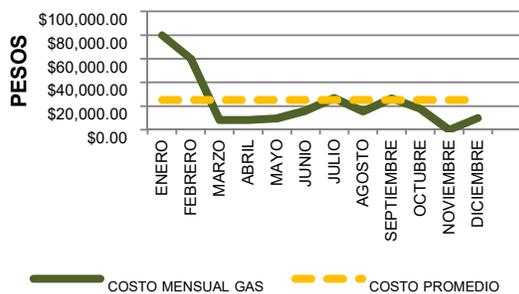
A diferencia de los gastos realizados en energía eléctrica y diésel, el pago y consumo de gas es relativamente bajo, debido a que sólo se utiliza en el área de la cocina, parte en laboratorio y en una pequeña caldera para calentar el agua del edificio de médicos, utilizando en promedio 4500 lts de gas mensuales, como podemos observar en la

gráfica 7. En el anexo siete se hace el desglose mensual respecto al consumo mensual durante en el año 2013.



Gráfica 7. Consumo de gas en el 2013. CMN 20 de Noviembre.

Es por ello que el pago es proporcional al consumo como se observa en la gráfica 8, algo interesante que podemos destacar es que se advierte un alto consumo de gas a principios de año, debido a que como no es muy utilizado el gas, los cilindros se recargan cada año a principio de cada año. Cabe aclarar que la caída que se tiene en el mes de Noviembre es debido a la falta de información durante ese mes.



Gráfica 8. Pagos de gas en el 2013. CMN 20 de Noviembre.

En el C.M.N. 20 de Noviembre se utiliza electricidad y combustible como fuentes de energía para su adecuado funcionamiento y prestación de servicios. Generalmente, se usa diésel como fuente de energía térmica.

El monto mensual de la factura por consumo de energía eléctrica es: \$1, 060,570 pesos mensuales que corresponde al consumo promedio de 545.959 kWh. El monto mensual de la factura por compra de diésel es de \$1, 152,191.07 pesos, que corresponde al consumo promedio de 96,250 litros al mes.

El consumo de la energía eléctrica se da en las siguientes unidades: Iluminación, equipos médicos de diagnóstico, equipos ofimáticos, elevadores, bombas hidráulicas y parte en las unidades manejadoras de aire. Por otro lado el consumo total de energía térmica, es distribuida en el hospital de la siguiente manera: caldera de agua caliente, caldera de vapor, esterilizadores, cocina y laboratorios de investigación en proporción así mismo con potencial para implementar un sistema de trigeneración generando agua fría al poder utilizar un enfriador de absorción.

Con este análisis se obtuvieron las siguientes variables:

- I. Consumo eléctrico promedio mensual: 545,959.00 kWh
- II. Demanda eléctrica promedio: 758.27 kW

III. Demanda térmica (Calderas):

Temperatura de agua req.: 76.6 °C

Flujo caldera: 2530 Kcal/Hr

Temperatura de salida: 170 °C

Demanda de vapor real: 1,461.39 $\frac{Kg}{hr}$

(Ver análisis termodinámico en Capítulo 3)

Consumo de diésel: 138.88 Lts/hr

Se puede concluir que el diésel juega un papel importante para la generación de energía térmica en el hospital, mismo que se ocupa para producir el vapor para las áreas de esterilización y agua caliente necesaria para cubrir los aspectos hidráulicos.

Se demuestra que el costo por este combustible cubre el 48% del gasto total y un 45% por el abastecimiento de energía eléctrica, el porcentaje restante se distribuye entre recolección de residuos y consumo de gas L.P.

La posibilidad de sustituir el consumo de diésel por la energía térmica que produce el sistema de cogeneración puede resultar factible, ya que encontraríamos un ahorro considerable en combustible y en consecuencia se vería reflejado en los costos operativos del hospital.

4.3 Análisis de generación de residuos.

El hospital produce residuos clasificados como municipales y/o comunes divididos en basura orgánica e inorgánica, que corresponde al 95 % de los residuos generados y residuos peligrosos biológicos-

infecciosos que el otro 5%. Es por esta razón que nuestra principal variable en el proceso de la investigación será analizar sólo los residuos comunes, ya que a partir de este componente y su constante producción hace necesario buscar soluciones para el tratamiento físico de los residuos; en este apartado se explicará el comportamiento de la generación de los residuos en el hospital.

4.3.1 Producción de basura municipal**4.3.1.1 Basura orgánica**

La mayoría de los residuos orgánicos proviene de las raciones para los enfermos y trabajadores, lo cual constituye aproximadamente el 95% del total de la basura orgánica, el resto de la basura orgánica producida lo conforman los desechos de las áreas verdes y los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales que opera el hospital.

En la tabla 7, se observa el total de raciones hechas durante el año 2013, y a su vez lo correspondiente a cada mes, lo que nos da la cantidad de 725,061.0 raciones, estas a su vez provienen de cinco diferentes dietas, según sea el caso requerido. Una dieta normal para los trabajadores del hospital en general o para los pacientes según su enfermedad ya sea dieta blanda, diabéticos, hiposódica y baja en colesterol. En la tabla 8, se distinguen los alimentos que integran cada una de estas y de lo cual se deduce los residuos orgánicos resultantes, como se advierte en la tabla 9.

Tabla 7. Productividad global de raciones en el CMN 20 de Noviembre.

PRODUCTIVIDAD GLOBAL 2013													
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
RACIONES	56,873.0	57,375.0	62,429.0	59,775.0	60,494.0	61,104.0	62,543.0	62,804.0	63,072.0	64,498.0	58,539.0	55,555.0	725,061.0

Tabla 8. Tipos de dietas en el CMN 20 de Noviembre.

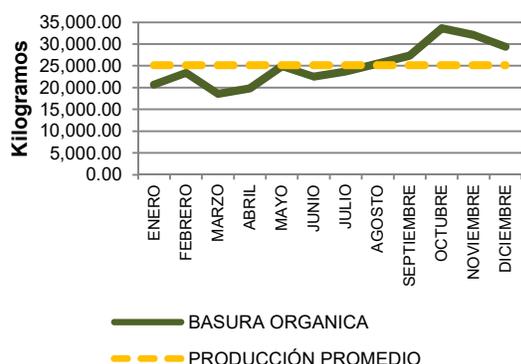
MINUTA 1				
DESAYUNO				
NORMAL	BLANDA	DIABETICOS	HIPOSODICA	BAJA EN COLESTEROL
JUGO ENVASADO/TÉ	JUGO ENVASADO/TÉ	NARANJA EN FLOR	NARANJA EN FLOR	NARANJA EN FLOR
ATOLE DE AVENA	ATOLE DE AVENA	LECHE	ATOLE DE AVENA	ATOLE DE AVENA
HOJALDRA DE JAMON Y QUESO	HOJALDRA DE JAMON Y QUESO	OMELET CON EJOTES	OMELET CON EJOTES	OMELET CON EJOTES
ENSALADA RUSA	ENSALADA RUSA	FRUTA DE TEMPORADA	FRUTA DE TEMPORADA	FRUTA DE TEMPORADA
FRUTA DE TEMPORADA	FRUTA DE TEMPORADA	PAN CENTENO	PAN TOSTADO	PAN CENTENO
PAN DULCE	GALLETAS MARIAS			GALLETAS MARIAS
		5° UVAS		PECHUGA HOGRASA
COMIDA				
SOPA DE VERDURAS	SOPA DE VERDURAS	SOPA DE VERDURAS	SOPA DE VERDURAS	SOPA DE VERDURAS
PURE	PURE	PURE	PURE	PURE
CON VEGETALES	CON VEGETALES	CON VEGETALES	CON VEGETALES	CON VEGETALES
HAMBURGUESAS DE POLLO	HAMBURGUESAS DE POLLO	HAMBURGUESAS DE POLLO	HAMBURGUESAS DE POLLO	HAMBURGUESAS DE POLLO
LECHUGA	LECHUGA	LECHUGA	LECHUGA	LECHUGA
JITOMATE	JITOMATE	JITOMATE	JITOMATE	JITOMATE
DURAZNOS EN ALMIBAR	DURAZNOS EN ALMIBAR	FRUTA DE TEMPORADA	DURAZNOS EN ALMIBAR	FRUTA DE TEMPORADA
PAN CENTENO	PAN CENTENO	PAN CENTENO	PAN CENTENO	PAN CENTENO
AGUA DE JAMAICA	AGUA DE JAMAICA	AGUA DE JAMAICA	AGUA DE JAMAICA	AGUA DE JAMAICA
		5° PAPAS A LA FRANCESA		
CENA				
JUGO ENVASADO/TÉ	JUGO ENVASADO/TÉ	JUGO DE FRUTA/TÉ	JUGO DE FRUTA/TÉ	JUGO DE FRUTA/TÉ
ATOLE DE AVENA	LECHE	LECHE	AVENA	AVENA
SALCHICHAS A LA MEXICANA	SALCHICHAS A LA MEXICANA	PECHUGA A LA MEXICANA	PECHUGA A LA MEXICANA	PECHUGA A LA MEXICANA
		ENSALADA DE PEPINO		
PLATANO	YOGURT DE FRUTAS	FRUTA DE TEMPORADA	YOGURT DE FRUTAS	YOGURT DE FRUTAS
YOGURT DE FRUTAS		PAN CENTENO		
PAN DULCE				

Tabla 9. Principales residuos orgánicos en el CMN 20 de Noviembre.

Frutas	Vegetales	Harinas y cereales	Lacteos	Otros
Piña	Jitomate	Pan	Leche	Pollo
Melon	Lechuga	Avena	Yogurth	Huevo
Sandía	Papas	Pan tostado	Queso Panela	Jamón
Papaya	Ejotes	Galletas	Queso Manchego	Pescado
Durazno	Pepino	Pan Centeno		Bistek
Naranja	Cebolla	Arroz		Salchicha
Uvas	Chayote	Bolillo		Atún
Platano	Zanahoria	Pan Blanco		Pasta
Pera	Calabacitas	Tortilla		Milanesa de res
Tamarindo	Champiñones	Hot cakes		
Jamaica	Brocoli	Centeno		
	Nopales			

Fuente: Subdirección Médica ISSSTE

Al tabular la producción de basura municipal (véase anexo 9) según facturas obtenidas por parte de la administración del hospital y haciendo su correcta separación, nos encontramos que se produce diariamente 837.5 kilogramos, por lo que al mes se tienen 25,000 kilogramos, produciendo al final del año un total de 301,500.00 kilogramos; en la gráfica 9 se observa el comportamiento de la producción de basura durante el 2013. En esta gráfica se observa cómo se va incrementando la producción de basura orgánica de Junio al mes de Octubre.



Gráfica 9. Producción de basura orgánica en el 2013. CMN 20 de Noviembre.

Para el análisis de la producción de biogás se tomará en cuenta un digestor, el cual se analizará para definir la cantidad producida y los alcances que se tendrá.

4.3.1.2 Basura inorgánica

Tal lo menciona la OMS, un 80% corresponde a los residuos comunes, los cuales no representan peligro para la salud y sus características son similares a las que

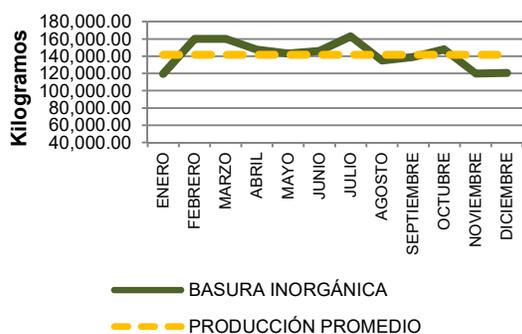
presentan los desechos domésticos comunes, de este porcentaje general (80%) a su vez un 10% corresponde a los residuos orgánicos mencionados anteriormente y un 90% a los residuos inorgánicos.

Estos residuos son aquellos generados por la actividad administrativa, auxiliares y generales, que no corresponden a ninguna intervención médica con el paciente; por lo que no representan peligro para la salud.

Aquí se incluyen materiales como papel, cartón, cajas, plásticos, materiales de limpieza de patios, entre otros. Con respecto a la basura inorgánica que es la que se produce aproximadamente 6 veces más que la basura orgánica, se comprobó que durante el 2013 se recolectaron 1,701,600.00 Kg. de desechos, tal lo podemos observar en la gráfica 10 y que en promedio mensual se tienen aproximadamente 141,800.00 kg y por ende 4.7 toneladas diarias.

Evitando los vidrios y metales, con este tipo de residuos mediante una descomposición térmica a altas temperaturas en ambientes con baja presencia de oxígeno, se puede producir un gas de síntesis, el cual puede ser transformado en energía eléctrica y térmica

Estas últimas tecnologías están siendo consideradas para la elaboración de biocombustibles a partir de residuos sólidos urbanos, abriendo un abanico muy importante de opciones para obtener energía con residuos.

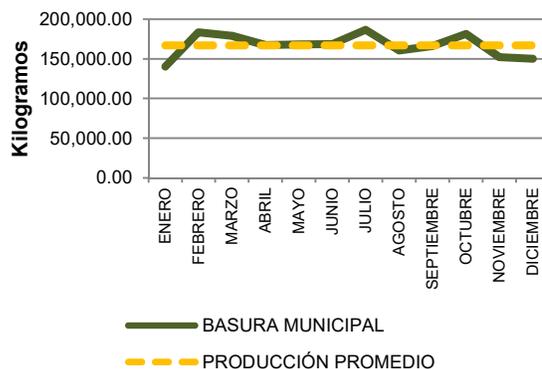


Gráfica 10. Producción de basura inorgánica en el 2013. CMN 20 de Noviembre.

Al tabular la producción total de residuos sólidos urbanos, dividida en basura orgánica, inorgánica y de manejo especial, según lo define SERMANAT (Residuos sólidos urbanos y de manejo especial, 2012) la cual no representan peligro para la salud. Observamos en la gráfica 11 que anualmente el hospital produce 2, 003,100.00 kg. de este tipo de desechos, lo que nos conlleva a tener un promedio mensual de 166,925.00 kg, y 5.5 toneladas de basura diarias, misma cantidad que indica un fuerte potencial para su aprovechamiento, ya que es basura generada y terminan en rellenos sanitarios, lo que implica una fuerte afectación al medio ambiente.

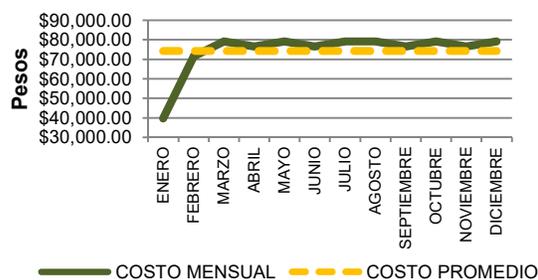
Los residuos de manejo de especial son aquellos que se generan en cualquier actividad relacionada con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios, y que no reúnan características domiciliarias o no posean alguna de las características de peligrosidad en los términos de la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-

2005. (NOM-161-SEMARNAT-2011, 2011)



Gráfica 11. Producción de residuos sólidos municipales en el 2013. CMN 20 de Noviembre.

En la gráfica 11, se ilustra la producción total, destacando que en el mes de Julio se tiene la máxima producción de basura, debido a remodelaciones periódicas del hospital.



Gráfica 12. Costo por recolección de basura municipal en el 2013. CMN 20 de Noviembre

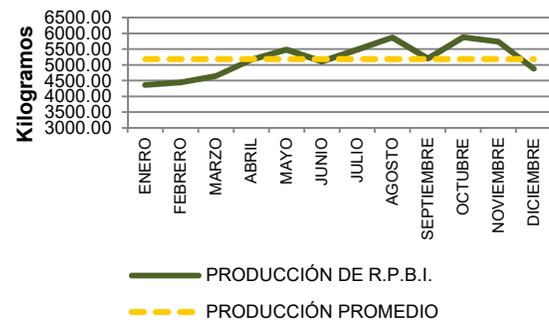
Como podemos observar en la gráfica 12, el hospital paga en promedio 74.3 mil pesos mensuales por el retiro de los desechos generados. Se nota un incremento en la gráfica, debido que a principios del 2013 se hacia la recolección una vez al día, pero a partir del mes de Febrero del 2013, se duplico debido a que era insuficiente el servicio de recolección.

4.3.2 Producción de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI).

Cabe aclarar, que nuestra investigación no contempla el uso de estos residuos para la producción de energía, sin embargo se hace el respectivo análisis para demostrar que la producción de estos recursos es relativamente menor comparada con los residuos comunes, además dada las características del genero del edificio no se puede pasar por alto la generación de los residuos peligrosos.

Este centro hospitalario así como otras instituciones cuentan con laboratorios y áreas donde se genera RPBI constantemente, es decir residuos peligrosos biológico-infecciosos, estos residuos corresponden al 5% de los residuos totales generados en el hospital.

La recolección dentro de esta institución se lleva a cabo mediante el seguimiento de la NOM-087 SSA-2002, para lograr la estandarización del RPBI en todas las áreas donde se generan. El hospital debido a ser un género de especialidades, se constituye como una unidad hospitalaria del nivel tres, por las investigaciones que en el realizan. En la gráfica 13, observamos el comportamiento durante el 2013 de la producción de residuos peligrosos. Podemos observar que anualmente se están produciendo 62 toneladas de RPBI's, lo que implica una generación diaria de 172 kilogramos.



Gráfica 13. Producción de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos en el 2013. CMN 20 de Noviembre

Los desechos y subproductos pueden ser de diversa índole, según su procedencia dentro del mismo hospital, como se ve reflejado en las facturas obtenidas, (ver anexo 9) que tratan sobre el manejo integral de residuos biológicos infecciosos generados en el 2013. Dentro del 5% de la producción de RPBI's total generados en el hospital tenemos la siguiente clasificación: infecciosos, patológicos y punzocortantes.

Los desechos infecciosos constituyen el grueso de los desechos peligrosos, ya que comprenden a un 95.3% de los R.P.B.I.'s generados en el hospital, estos son desechos contaminados con sangre o derivados sanguíneos, cultivos o cepas de agentes infecciosos; desechos de pacientes ingresados en salas de aislamiento; muestras de diagnóstico desechadas, con sangre o líquidos corporales; animales de laboratorio infectados; y material (hisopos, vendajes) o equipo (como instrumental médico desechable) contaminado.

Le siguen los objetos punzocortantes, como bien se definen son piezas de jeringas, agujas, bisturíes y cuchillas desechables,

etcétera y estos se generan en un 3.4% de los residuos totales peligrosos. Y en menor producción encontramos desechos de anatomía patológica y laboratorio corresponden a un 1.3% del total y tratan de partes corporales y cadáveres de animales, que pueden estar contaminados.

Aunque el tratamiento y la evacuación de los desechos de la atención sanitaria reducen los riesgos, es posible que surjan riesgos sanitarios indirectos debido a la liberación al medio de contaminantes tóxicos como consecuencia del proceso de tratamiento o evacuación.

Cuando no están bien contruidos, los vertederos pueden contaminar el agua de bebida. Además, todo establecimiento de evacuación de desechos indebidamente diseñado, mantenido o utilizado genera riesgos laborales.

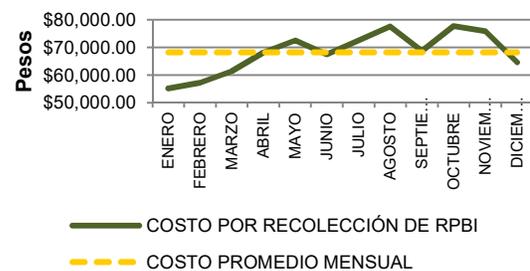
La incineración de desechos ha sido una práctica muy extendida, pero si no es completa o se incineran materiales que no se prestan a este tipo de tratamiento, se liberan contaminantes a la atmósfera, así como cenizas residuales. Al ser incinerados, los productos que contienen cloro pueden liberar dioxinas y furanos, sustancias que son cancerígenas en el ser humano y guardan relación con diversos efectos perjudiciales para la salud. La incineración de metales pesados o productos con un alto contenido de metales (en particular plomo, mercurio y cadmio) puede provocar la dispersión en el medio de metales tóxicos. Las dioxinas, furanos y metales son persistentes y se acumulan en los organismos vivos. Por ello

no habría que incinerar ningún tipo de material que contuviera cloro o metales.

Solo las incineradoras modernas que operan a temperaturas de entre 850 y 1100 °C y cuentan con un sistema especial de depuración de gases pueden cumplir las normas internacionales de emisiones por lo que respecta a dioxinas y furanos.

Hoy en día existen soluciones alternativas a la incineración, como la esterilización en autoclave o por microondas, el tratamiento por vapor combinado con agitación de los materiales tratados o el tratamiento químico.

Para el retiro de este tipo de residuos, el hospital paga en promedio mensual, aproximadamente setenta mil pesos, en la gráfica 14 observamos las variaciones de los pagos mensuales por el retiro de los residuos peligrosos.



Gráfica 14. Costo de recolección de RPBI en el 2013. CMN 20 De Noviembre

En México al igual que otros países del mundo enfrentan grandes retos en cuanto al manejo de este tipo de residuos. Se estima que anualmente en nuestro país se generan alrededor de ocho millones de toneladas de residuos peligrosos y solo una parte de total recibe un manejo adecuado.

Por otro lado si se llegasen a mezclar este tipo de residuos con los residuos municipales, prácticamente la cantidad de desechos peligrosos aumentarían, ya que se contaminarían los no infecciosos.

Finalizando este apartado, tenemos los siguientes resultados:

- I. **Residuos Orgánicos:** (Proveniente del área de cocina, y áreas verdes)
Producción diaria promedio:
837.50 kg.
- II. **Residuos Inorgánicos:** (Desechos proveniente de toda actividad en el hospital)
Producción diaria promedio:
4,726.66 kg.
- III. **Residuos Peligrosos-biológicos infecciosos:** (Materia proveniente de tratamiento médico)
Producción diaria promedio:
170.00 Kg

Aunque es relativamente fácil cuantificar el número de toneladas de basura que se producen en el hospital, los datos disponibles revelan la importancia que significa tratar de hallar una solución conjunta a la problemática que representa la basura, esto es, que la cantidad de basura crece, pero los espacios para almacenarla no, que la basura acumulada en grandes cantidades puede afectar el aire, el agua de los ríos, el agua de los mantos que utilizamos para consumo humano y el suelo de tierras de cultivo, entre otros problemas. Se encontró que se produce una cantidad importante de residuos, tal se pudo comprobar en las gráficas analizadas, esto

implica un gran potencial para aprovechar, ya que es posible producir un biocombustible para la generación de energía.

Es importante que consideremos el uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de sistemas de generación de energía eléctrica, ya que de esta forma ayudamos a la preservación de nuestro medio ambiente ya que estas tecnologías pretenden generar energía eléctrica sin provocar ningún tipo de contaminante.

4.4 Análisis de producción de combustibles

El proceso de experimentación para analizar la producción de biogás consiste en la transformación de residuos orgánicos que se generan en el hospital a través de un reactor de digestión anaerobia.

4.4.1 Producción de biogás

4.4.1.1 Diseño de reactor

Para la producción de biogás se diseñó, construyó y operó un reactor anaerobio a nivel laboratorio a flujo continuo para realizar la factibilidad técnica de la propuesta, asimismo, por medio del digester operando con la basura orgánica se obtendrán los parámetros reales de generación de energía térmica y su proyección real a energía eléctrica. Además se pudieron obtener los parámetros reales de diseño para el escalamiento necesario para el hospital.

El tipo de digestor a analizar será de flujo continuo, la característica que define a este tipo de digestores es que la carga añadida periódicamente se mezcla casi en su totalidad con el contenido ya presente en cámara de digestión. Requiere de menos mano de obra, de una mezcla más fluida y un depósito de gas.

El reactor anaerobio a flujo continuo consistió en un sistema en el cual tiene lugar la reacción bioquímica al interior alimentándolo en forma continua del influente (residuos orgánicos). La reacción de descomposición se llevó a cabo de manera anaerobia, es decir, sin la presencia de oxígeno.

Los residuos orgánicos provenientes del hospital están compuesto en su mayoría por restos de comida, cáscaras de frutas, verduras y hortalizas, cascarón de huevo, tortillas y pan, bagazo de frutas, productos lácteos, huesos y productos cárnicos y en menor proporción los residuos de jardín y lodos residuales de la planta de tratamiento.

El reactor se construyó a partir de un recipiente de plástico (polipropileno) delgado, transparente con un volumen total de 10 litros y un volumen útil o de operación de 3 litros. El reactor cuenta con una tapa con rosca de plástico, pero éste plástico es más rígido que el cuerpo del reactor. Ésta tapa con rosca fue necesaria para tener acceso al interior en caso de emergencia o taponamiento.



Ilustración 9. Reactor Anaerobio experimental

4.4.1.2 Análisis de resultados.

La medición del biogás generado se realizó por desplazamiento de agua. Una vez que se arrancó el digestor se hizo la prueba de flama y al ver que el biogás producido contenía una buena cantidad de metano se procedió a operar en forma semicontinua el digestor.

La producción promedio de biogás en el reactor de laboratorio fue de 3 L biogás/día.

Analizando los datos obtenidos, se tienen que por los 2.45 kg de residuos orgánicos, se producen tres litros de biogás diarios, por lo que podemos decir que se está produciendo un litro de biogás aproximadamente por cada kilogramo de residuos, y dado los residuos que se producen en el hospital, tenemos los siguientes valores:

Tabla 10. Producción de basura orgánica y de potencial de biogás en CMN 20 de Noviembre.

Producción de Residuo (ton/año) (M)			
	Residuos orgánicos m ³ /año	Residuos orgánicos kg/año	
MÁXIMO	1,344.00	336,600.00	
MÍNIMO	744.00	186,600.00	
TOTAL	1,005.00	251,250.00	

Producción de Biogás (m ³)					
	Producción de biogás anual	Producción de biogás diario	Producción de biogás hora		
MÁXIMO	60,435.20	165.58	6.90		
MÍNIMO	33,455.20	91.66	3.82		
TOTAL	45,191.50	123.81	5.16		

Con base a los resultados obtenidos experimentalmente se hará la propuesta para el escalamiento del digester. Bien sabemos ya que la cantidad de residuos orgánicos generado en el hospital anualmente es de 1,005.00 m³/año ó 301,500.00 kg/año.

Con este número se hace el cálculo correspondiente para dimensionar el volumen del digester real, tal lo observamos en la tabla 11, y de la cual tomamos el valor máximo para su capacidad.

Procederemos a calcular la capacidad que se requiere en el digester, es decir, el volumen que el digester necesita para manejar esta cantidad de materia, contando con un tiempo de residencia de 30 días.

Tabla 11. Dimensionamiento del digester.

$$\text{DIMENSIONAMIENTO DEL DIGESTOR} = (\text{DESECHO M}^3/\text{AÑO}) + \text{COSUSTRATO M}^3/\text{AÑO} \text{ (TRH/365)}$$

TRH	30	días	
	Mínima	Máxima	Promedio
Volumen	61.15	110.47	82.60

Digestión mesofílica

A	B	C
7	6	4

Se tomará como valor el volumen máximo, como volumen del digester en donde se llevará a cabo la degradación anaerobia a condiciones mesofílicas.

Una vez que se lleva a cabo la degradación en el digestor se debe hacer la recarga, esto es, introducir nueva materia para degradar y sacar una parte de la que se ha degradado. La parte que se extrae tiene la ventaja de ser un desecho rico en nutrientes para las áreas verdes del hospital, conocidos también como lodos digeridos.

Para calcular el tanque de almacenamiento del lodo digerido para un tiempo de 1 mes se procede aplicando la fórmula de la Tabla 12, y tendremos como resultado un contenedor para 1.50 m³ de lodos producidos.

Tabla 12. Volumen de lodos producidos.

VOLUMEN DE LODO DIGERIDO = (SUSTRATO ENTRANTE M ³ /AÑO)* (TIEMPO DE ALMAC. /12) - (VOLUMEN DIGESTOR M ³)			
TRH	30	días	Digestión mesofílica
	Mínima	Máxima	Promedio
Volumen (m3)	0.85	1.53	1.15

Teniendo el volumen del digestor y el tanque de almacenamiento del lodo digerido, se procede al cálculo de la producción estimada de biogás.

Tabla 13. Cálculo de producción de biogás

CÁLCULO PRODUCCIÓN DE BIOGÁS (Epb) = M*DM*(OM/DM)*OM*1000			
Donde:			
M: Desecho (Ton/año)			
DM: Contenido de materia seca			
OM/DM: Fracción orgánica de materia seca			
OM: Producción de biogás por kg de desecho			
CS: Otro sustrato			
Constante	1000		
Densidad biogás	1.2		
	Mínima	Máxima	Promedio
Producción real (m3)	33,455.20	60,435.20	45,191.50
Producción diaria (m3)	91.66	165.58	123.81
Producción hora (m3)	3.82	6.90	5.16

Destacando que con los residuos disponibles se tienen 5.16 m³/hr de biogás.

Para hacer uso del biogás en cualquier momento es necesario almacenarlo. Para calcular el tanque de almacenamiento se tiene lo siguiente:

Tabla 14. **Volumen para almacenamiento de biogás.**

ALMACENAMIENTO DE BIOGÁS = (Producción diaria (m ³ /día)) x 20%			
Porcentaje	20%		
	Mínima	Máxima	Promedio
Volumen (m3)	15.73	33.12	24.76

Como se mencionó al principio del análisis de los resultados, en donde deducíamos el volumen promedio diario de producción de biogás, y tomando como cinco metros la medida normativa para un digestor, se hace el cálculo para tener el diámetro del digestor utilizado, el cual será de 5.30 m de diámetro.

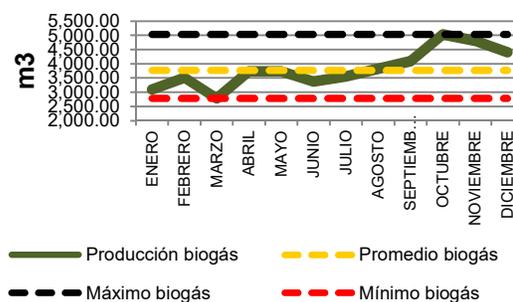
Tabla 15. **Diámetro para el digestor.**

DIÁMETRO DEL DIGESTOR = $(2)\sqrt{(\text{volumen digestor} / (\text{altura digestor} * 3.14))}$			
Altura	5	m	
	Mínima	Máxima	Promedio
Diámetro (m)	3.95	5.30	4.59

El reactor debe ser hermético con el fin de evitar la entrada de aire, el que interfiere con el proceso, y fugas del biogás producido. Deberá estar térmicamente aislado para evitar cambios bruscos de temperatura.

Aun no siendo un recipiente de alta presión, el contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad y con medios para efectuar la carga y descarga del sistema.

De acuerdo a los análisis de resultados de la producción de biogás tenemos el siguiente comportamiento (ver grafica 15), resaltando que con los residuos orgánicos disponibles se podría producir mensualmente 3,765.96 m³ de biogás.



Gráfica 15. Producción de biogás con residuos orgánicos generados.

Dadas las características del proyecto de investigación, y debido a las tecnologías existentes, un motor que satisfaga las necesidades energéticas del hospital y emplear así, un sistema de cogeneración, se tiene el motor modelo JGC 312 GS LL, de la marca Jenbacher, el cual requiere alimentarse con 503 m³/hr con biogás, mismo que no se logra cubrir con el biogás producido con la fracción orgánica de los residuos del hospital, analizados anteriormente.



Ilustración 10. Modelo JGC 312 GS-L.K de la Marca Jebancher.

La parte experimental se llevó a cabo de manera satisfactoria. Se pudo analizar el comportamiento de los residuos orgánicos para la producción de biogás así como la composición que presenta este desecho en el hospital y su degradación.

Se concluye que se produce en promedio 123.81 m^3 de biogás diario, lo que demuestra que **NO** es el combustible necesario para mantener en funcionamiento constante un motor de combustión interna para satisfacer la demanda que requiere el conjunto médico, por lo que desde este momento se considera inválida la hipótesis planteada al inicio de esta investigación.

Como alternativa se analizará un sistema de gasificación para producir energía con todos los residuos municipales generados en el hospital, los cuales engloban residuos orgánicos e inorgánicos, que como se puede observar en el anexo 9, se tiene una producción de aproximadamente 5.5 toneladas diarias.

Posterior a esto, se buscará el equipo necesario para satisfacer las necesidades energéticas del hospital, mismas que veremos en el siguiente apartado.

4.4.2 Sistema de gasificación

Analizada la producción de biogás con los residuos orgánicos, se contempla que no cubre lo necesario para hacer funcionar un MCI (Motor de combustión interna) para satisfacer las necesidades energéticas del hospital, a partir de este resultado se buscan alternativas que nos permitan generar un combustible para alimentar el sistema de cogeneración.

En este apartado, se analizará la producción de un gas de síntesis, por medio de un sistema de gasificación. La capacidad nominal será aproximadamente de 5.5 toneladas/día, que es la producción de residuos en el hospital (véase anexo 9).

El potencial para aplicar esta tecnología debe ser estudiada a profundidad ya que la aplicación de diversas alternativas de tratamiento y valorización de residuos es la clave para su manejo integral. La gasificación de residuos representa una opción para tratar los residuos del caso de estudio que se constituye por un flujo muy grande de material combustible con bajo potencial de reciclado o rehúso por razones de infraestructura o mercado como por ejemplo plásticos, madera, papel, cartón, material orgánico seco entre otros. Es importante mencionar que para aplicar la

gasificación de residuos se requiere un tratamiento previo para acondicionar la alimentación para el funcionamiento del reactor.

Se hizo la consultoría ante el grupo Grupo Hoskinson quien diseña y construye sistemas de eliminación de residuos “in situ” hasta 18-toneladas por unidad mediante la gasificación por pirolisis.

El cual propone un equipo que se adapta a las características de los residuos generados en el hospital (ver ilustración 11), mismo que será alimentado cada 8 horas con 2.5 toneladas de residuos municipales, con una inversión de \$ 3.305.000 dólares, produciendo de esta manera el gas de síntesis para hacer funcionar un motor de combustión interna.

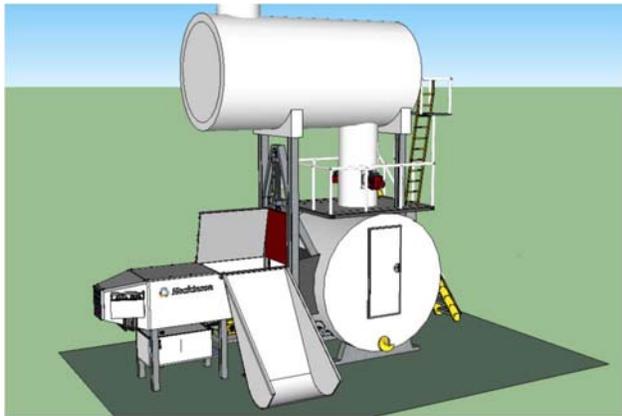


Ilustración 11. Sistema de Gasificación por pirolisis. Grupo Hoskinson

El proceso es en gran parte exotérmica pero algo de calor puede ser necesaria para inicializar y mantener el proceso de gasificación. Ahora bien, se descubre que este medio es viable para producir el combustible necesario para generar la energía eléctrica mediante el sistema de cogeneración, sin embargo, para que este equipo funcione, necesita una alimentación de gas natural de 425. M3/hr LHV, lo que implica un costo extra por usar un combustible extra, y bien se observa en el anexo 12, tendríamos un gasto mensual de aproximadamente 700 mil pesos.

Un motor de combustión es una máquina térmica que transforma la energía química del combustible en calor (combustión) y convirtiendo esa energía en trabajo mecánico.

Hoy en día, podemos decir que existen diferentes tecnologías que se pueden aplicar para la valorización energética de los residuos. La mayoría de ellas consisten en procesos de tratamiento térmico como son la incineración, la gasificación, la pirólisis o la gasificación por plasma. Cada una de estas se encuentra en un estado de desarrollo de distinto nivel. También encontramos la biometanización o digestión anaerobia de la fracción orgánica con valorización del biogás obtenido, como una posibilidad adicional de aprovechamiento energético de los residuos.

La digestión anaerobia es una tecnología con una experiencia relevante, por lo que se puede considerar como una tecnología madura y que se presenta como

una opción para el tratamiento de los residuos biodegradables, como pueden ser la fracción orgánica de la recogida selectiva (FORSU) o los lodos de depuradora o de origen industrial.

En la literatura existen diversas metodologías para la evaluación de proyectos que pueden ser clasificadas en función del fin último que se le dará al resultado de la evaluación. Siendo así, las metodologías se pueden clasificar para la evaluación técnica, financiera, socioeconómica y ambiental de proyectos. La evaluación técnica tiende a ser muy específica ya que se trata de distintas alternativas para un mismo fin. En este sentido la evaluación tecnológica consiste en definir un objetivo que se pretende lograr con el uso de una u otra tecnología y a partir de ciertos criterios cuantificables o no cuantificables, emitir un juicio sobre la tecnología más adecuada para obtener los resultados más satisfactorios para el “usuario” (Pérez Valle, 2014).

Es así, como llegamos a las conclusiones previas, de que dadas las condiciones de generación de residuos y su respectiva valorización energética, es indispensable según sea el caso, tener una mayor generación de residuos para satisfacer una menor demanda eléctrica, o en su defecto, considerar grandes producciones de residuos para que el proyecto sea rentable. Existe tecnología muy contrastada.

Por tal motivo atendiendo otro objetivo de la tesis, el cual es analizar la

implementación de un sistema de cogeneración en el hospital, y como bien sabemos, para que un sistema de cogeneración funcione es indispensable un combustible. Dado los resultados obtenidos hasta ahora, se descarta la posibilidad de hacer funcionar un motor de combustión interna con el biogás obtenido con la fracción orgánica de los desechos disponibles, así mismo la manutención de un gasificador para gasificar los residuos municipales en el propio hospital.

Como segunda alternativa, se recurrirá a emplear gas natural, debido a que existe el abasto en el domicilio, y demostrando que el gas natural ha sido un combustible atractivo para la obtención de electricidad, ya que tiene un mejor rendimiento energético y un menor impacto ambiental que otros combustibles fósiles, concluiremos el presente trabajo de investigación con el empleo de este combustible para la aplicación del sistema de cogeneración en el hospital, el cual desarrollaremos en el siguiente apartado.

El gas natural es la energía primaria más utilizada para el funcionamiento de las centrales de cogeneración de electricidad calor, las cuales funcionan con turbinas o motores de gas. En la generación eléctrica convencional, las plantas se localizan lejos de los centros de consumo, por lo que existen de un 4 a un 19% de pérdidas de transmisión, distribución y robo, dependiendo de la tensión de la red y de la región tarifaria del país.

La Cogeneración al consumir menos combustible, reduce las emisiones contaminantes. La reducción depende de la tecnología, el factor de planta y tipo y calidad del combustible.

4.5 Diseño y análisis del sistema de cogeneración.

Para el sistema de cogeneración propuesto se contempló el proceso para definir el abasto de energía eléctrica total y un porcentaje de la energía térmica requerida en el C.M.N. 20 de Noviembre.

Aun cuando la cogeneración debe ser evaluada como parte de un plan de administración de energía su principal prerequisite es que la planta presente una demanda significativa y concurrente de calor y energía eléctrica. (Universidad Autónoma de Occidente)

Existen diversos sistemas de cogeneración según el tipo de máquinas térmicas y combustibles que se empleen; así hay sistemas de cogeneración basados en ciclo con turbina de gas, ciclo con motor de combustión alternativo de gas, ciclo con turbina de vapor, ciclo combinado y otros. En este proyecto analizaremos la producción que nos otorga un motor de combustión interna (MCI).

Se analizará la cobertura total de energía eléctrica pero sin llegar a cubrir el 100% de la energía térmica necesaria en el

hospital, sin embargo, dadas las características del MCI se podrá cubrir una cierta parte, lo cual investigaremos de acuerdo a la siguiente metodología:

Para determinar la capacidad del motor que podrá abastecer la energía eléctrica al hospital se determinará la potencia promedio en el hospital, para esto se recurrirá al análisis de facturación eléctrica para obtener la demanda promedio como sigue en un mes determinado (720 hrs):

$$Demanda\ prom. = \frac{consumo\ elect.\ prom/mensual}{tiempo(horas\ al\ mes)} = kW$$

Con lo que sustituyendo valores, tendremos lo siguiente:

$$Demanda\ promedio = \frac{545\ 959\ kWh}{720\ hrs} = 758.27\ Kw$$

Es así como determinamos que la demanda promedio del C.M.N. 20 de Noviembre es de 758.27 kW, ahora, debido a que existen pérdidas derrateo, ya que la eficiencia del motor tiene una pérdida del 0.70% por cada 100 metros por encima de los 1500 m.s.n.m., tenemos que calcular estas pérdidas para incrementarlas a la potencia final, para ello, hacemos los cálculos correspondientes y derivamos que como el hospital se encuentra en la ciudad de México y aquí se tiene una altitud de 2300 m.s.n.m., entonces tenemos 800 metros arriba de los 1500 según lo establecido, es por ello que se tienen pérdidas del 5.6 %.

Calculando el 5.6% de la demanda promedio del hospital obtenemos que se tiene una pérdida de potencia de 42.47 kW. Para estimar la potencia total requerida podemos concluir que se necesitará un motor que cubra una demanda en el hospital de 800.73 kW, característica esencial en la selección del motor.

Se concluye que el abasto de energía eléctrica es cubierto con un MCI en el orden de los 800 kW de potencia, el cual describiremos en el siguiente apartado.

4.5.1 Selección del motor

Dentro de las posibilidades que se tienen con este tipo de tecnología está la decisión de la capacidad de los equipos individuales. En este caso, se contactó al proveedor Smith Power México, con sede en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, desde sus inicios la compañía se ha caracterizado en ser uno de los proveedores de sistemas de potencia más confiables, proveyendo productos de la más alta calidad, y servicios postventa a empresas dedicadas a la explotación de Petróleo, del Gas Natural, aplicaciones en Minas, Negocio de Motores y principalmente en el mercado de la Generación de Potencia.



Ilustración 12. Motor JMC 316 GS-NL. Jenbacher

El 316 GS nos da una producción de energía eléctrica de 800 kW, lo que estará abasteciendo en su totalidad la energía eléctrica para el hospital (Ver ilustración 12) y un 20% de la energía térmica que requiere, debido a que nos arroja un flujo de 487.39 Kg/Hr de vapor, según el cálculo termodinámico que veremos en el siguiente apartado.

En la tabla 16, observamos las dimensiones, para lo cual, se necesitara establecer un área, destinada exclusivamente para la colocación de este motor.

Tabla 16. Dimensiones motor JMC 316 GS-NL

Main dimensions and weights (on container)		
Length	mm	~ 12,200
Width	mm	~ 2,500
Height	mm	~ 2,600
Weight empty	kg	~ 24,100
Weight filled	kg	~ 25,400

4.5.2 Análisis termodinámico.

Con el sistema de cogeneración no se cubren en su totalidad las necesidades térmicas, pero se manifiesta que el hospital tiene un flujo de vapor de $1,461.39 \frac{Kg}{hr}$, siendo esta cantidad el 100%, podemos concluir que la energía térmica que nos aporta el motor de combustión interna es de $487.39 \frac{kg}{hr}$, lo cual representa un **33.35 %** del valor total con una eficiencia térmica del 75%. **(Ver anexo 12.)**

Para el caso estudiado de un MCI, modelo JMC 316 GS-NL de la marca Jenbacher, nos otorga las siguientes características:

1. Producción de energía eléctrica: 800 kW. **(Cubriendo en la totalidad la energía eléctrica del hospital)**
2. Producción de energía térmica: 487.39 Kg/Hr de vapor. **(Cubriendo un 33.35% de la totalidad de vapor que requiere el hospital)**

Usando un generador de cogeneración comúnmente llamados (CHP) por sus siglas en inglés, es una forma ideal de lograr una mayor eficiencia energética y menores emisiones de carbono. Su utilización ayuda en gran medida a los limitados recursos financieros con lo que cuenta el hospital para su mantenimiento. Una planta de cogeneración facilita el uso de la alta eficiencia del mismo combustible producido ya sea biogás o gas de síntesis, o en su defecto con gas natural mediante la recuperación no sólo de electricidad sino también de calor.

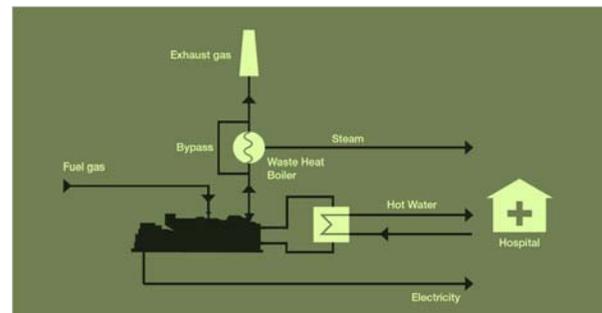


Ilustración 13. Variables de salida en un sistema de cogeneración.

El uso de un motor de cogeneración facilita la compra y/o producción in-situ de una sola fuente de combustible para lograr tanto la producción de electricidad como de calor.

4.5.3 Ubicación del sistema.

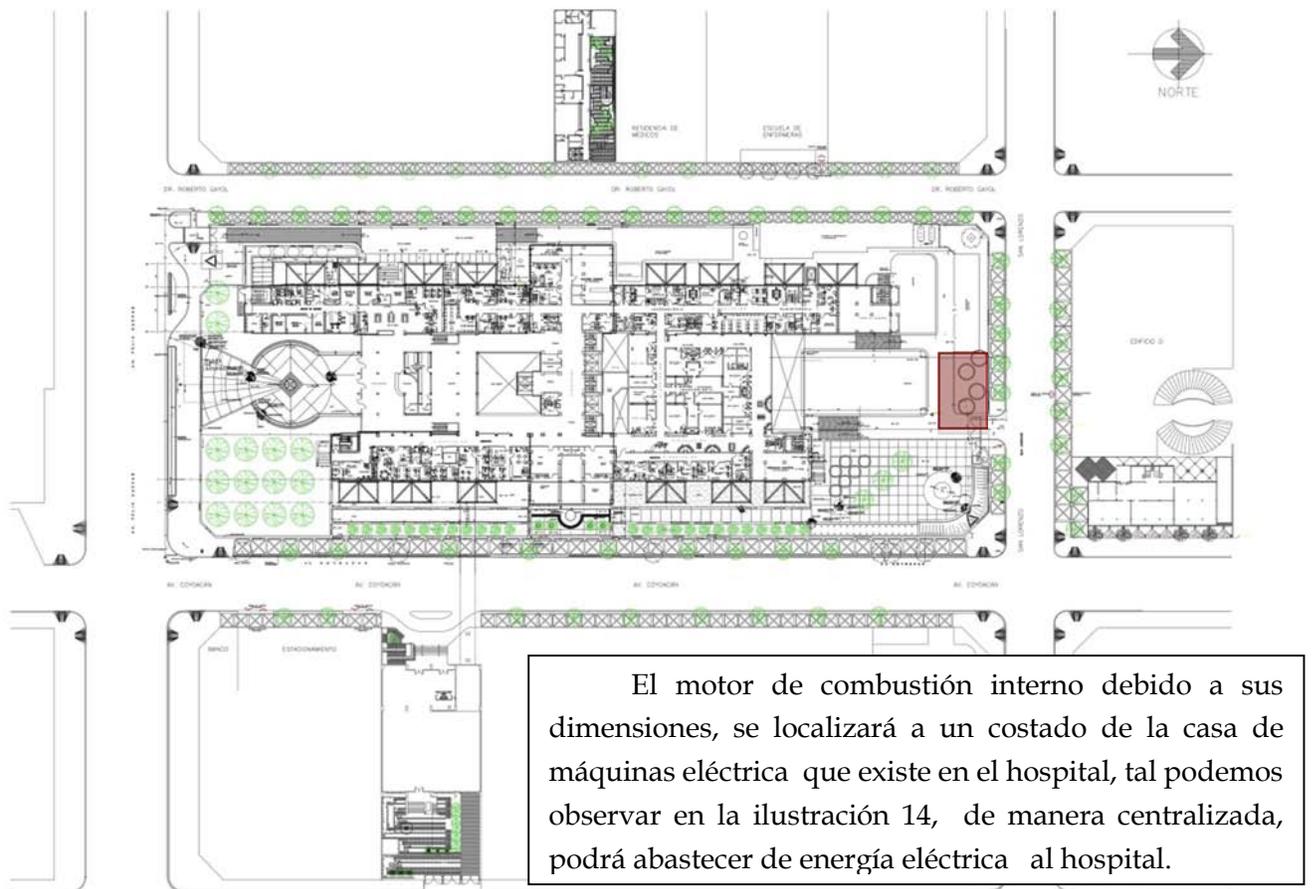


Ilustración 14. Localización del Módulo de cogeneración en el CMN 20 de Noviembre.

 Motor de combustión interna.



V. Análisis económico

5



Análisis del potencial del biogás para **COGENERAR** en hospitales.

Dado los resultados obtenidos al analizar los residuos y los combustibles resultantes, se procederá a hacer la evaluación económica para un sistema de cogeneración que funcione con gas natural.

Para realizar este análisis es necesario conocer los costos del sistema actual del CMN 20 de Noviembre, tanto eléctricos como térmicos, y los costos del sistema de cogeneración propuesto.

Para tener consistencia con los cálculos y la facturación obtenida durante el año 2013, se tomará el costo unitario promedio de ese año para realizar la estimación del costo eléctrico. Por lo tanto, el costo unitario promedio es de 1.9704 \$/kWh.

Ahora, es necesario saber la cantidad de kWh que se consumen de manera anual. Para ello se considera un factor de planta del 95% (8322 hr/año), y sabiendo que la demanda promedio es de 758.27 kW, el consumo eléctrico anual es de:

$$\text{Consumo}_{\text{eactual}} = 6,439,121.09 \text{ kWh/año}$$

Multiplicando por el costo unitario se obtiene el costo de la energía eléctrica actual:

$$\text{Costo}_{\text{energía}_{\text{act}}} = 12,688,105.66 \text{ \$/año}$$

De manera similar a la facturación eléctrica, para mantener la consistencia de costos es necesario utilizar los costos unitarios de 2013. Para ello se obtienen los costos por energía térmica mediante la facturación del combustible utilizado actualmente (Diésel), por lo tanto, el costo total utilizado en diésel es de:

$$\text{Costo}_{\text{combustible diésel actual}} = 13,826,292.90 \text{ \$/año}$$

Cabe señalar, que además del diésel, también se utiliza gas LP, en menor proporción, por lo tanto el costo utilizado por este combustible es de:

$$\text{Costo}_{\text{combustible Gas LP actual}} = 278,163.02 \text{ \$/año}$$

Prácticamente para el análisis del sistema de cogeneración, el ahorro se verá reflejado en dos tipos de energía: térmica y eléctrica, por lo que considerando solo estos gastos anuales en el hospital se tiene: **costo consumo eléctrico y térmico Actual= 26,514,398.56 \\$/año**

5.1 Análisis sistema de cogeneración con gas natural.

Los datos para realizar el análisis económico de esta propuesta son los siguientes:

Tabla 17. Datos para realizar el análisis económico. Vida económica, tasa de descuento, tasa de cambio y factor de planta estimados.

Datos	Cantidad	Unidad
Vida económica	25	años
Tasa de descuento	12	%
Tasa de cambio	15.03	\$/USD
Factor de planta	95	%
Periodo de operación del sistema	8322	h/año
Costo de mantenimiento	0.004	USD/kWh
Costo de operación	0.007	USD/kWh

*Costos de operación y mantenimiento estimados de acuerdo a la Metodología de Cogeneración de la CONUEE.

Tabla 18. Inversión total Sistema.

Inversión Total		
Equipo: JMC 316 GS-N.L.	1,108,644.00	USD
Costos extras:		
Instalación	17,787.00	USD
Maniobras		
Ductos		
Kit de filtro para alta Presión		
TOTAL	1,126,431.00 (USD)	
	16,930,257.93 (MX\$)	

*El costo del equipo junto con los costos extras fueron proporcionados por un asesor de ventas de Smith Power México S. De RL De C.V. en representación de GE Jenbacher Sales el 27 de Octubre del 2014.

Tabla 19. Consumo de gas natural anual.

Calculo del costo de gas natural por unidad de motor		
Potencia del motor	844	KW
Consumo de gas por motor	208.00	m3/hr LHV
Consumo de gas por motor	231.11	m3/hr HHV
Poder calorífico HHV	0.03614	GJ/m3
Calor suministrado	8.3524	GJ/hr HHV
	2.3201	MWt HHV
	5,773.15	GJ/MES
	1,379.16	GCAL/MES
Precio gas centro + distribución	247.83	\$/GCAL
	59.20	\$/GCAL
Costo por gas natural	341,795.69	\$/MES
Eficiencia de generación eléctrica HHV	36.38%	%
Eficiencia de generación eléctrica LHV	40.42%	%

Sabiendo que la carga neta producida por los equipos es de 844 kW, y conociendo el total de horas de operación al año del sistema de cogeneración, se pueden calcular

los costos de mantenimiento y operación anuales:

Tabla 20. Costos por mantenimiento motor

Costos anuales de operación y mantenimiento MOTOR		
Costo de operación	700,446.10	(MX\$)
Costo de mantenimiento	400,254.91	(MX\$)
Costo consumo combustible	4,101,548.27	(MX\$)
	5,202,249.27	(MX\$)

Se concluye que la inversión inicial es de

16, 930,258 (\$)/año

Ahora, para saber cuál sería ahorro total anual utilizando un sistema de cogeneración con gas natural:

Ahorro total anual = Costo total actual- Costo Total Cogeneración (\$)/año

Cabe aclarar que el hospital tiene un flujo de vapor de 1,461.39 Kg/hr, siendo esta cantidad el 100% de energía térmica útil, se demostró que la energía térmica que nos aportará el sistema de cogeneración es de 487.39 kg/hr, lo cual representa un 33.35% del valor total con una eficiencia térmica del 75%, que traducido a cifras económicas el sistema de cogeneración tendrá un ahorro de **\$4, 611,068.68** anuales por la disminución de combustible de diésel en la generación de energía térmica.

Cada caldera consume 134 lts/hora de diésel y 8 640 horas al año operando las dos alternadamente.

Los ahorros con este sistema se transcriben en la siguiente tabla:

Tabla 21. Ahorro obtenidos del sistema de cogeneración.

AHORROS anuales de operación HOSPITAL		
ELECTRICIDAD (100%)	12,688,105.66	(MX\$)
DIESEL (33%)	4,611,068.68	(MX\$)
TOTAL	17,299,174.34	(MX\$)

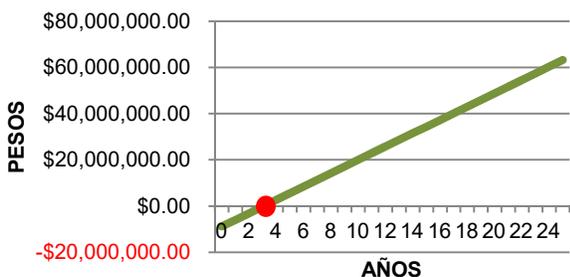
Realizando un periodo de recuperación simple tenemos:

Periodo de recuperación simple:

$(\text{Inversión inicial}) / (\text{Ahorro total}) =$

$(\$16,930,258) / (\$17,299,174.34): 0.98 \text{ años}$

Ahora analicemos un periodo de recuperación descontado, incluyendo todos los egresos por la operación del sistema, lo cual nos indica un tiempo de recuperación de 3.07 años, como lo podemos observar en la siguiente gráfica:



Gráfica 16. Periodo de recuperación descontado

Con una TIR del 33% y un Valor Presente Neto de \$13,755,272.85.

Podemos concluir que el hospital tendrá un ahorro de \$12,688,105.66 pesos anuales, al evitar gastos de energía eléctrica, y \$4,611,068.68 menos por la disminución de combustible de diésel en la generación de energía térmica.

Lo que hace interesante la factibilidad de usar un sistema de cogeneración en el hospital, reduciendo estos costos de operación y emplear estos recursos en la creación de otras unidades de salud, o en el mejoramiento y actualización de equipamiento médico especializado.

Resultados

En el C.M.N. 20 de noviembre se utiliza electricidad y combustible como fuentes de energía para su adecuado funcionamiento y prestación de servicios. Generalmente, se usa diésel como fuente de energía térmica.

El monto mensual de la factura por consumo de energía eléctrica es: \$1, 060,570.00 pesos mensuales que corresponde al consumo promedio de 545.959 kWh. El monto mensual de la factura por compra de diésel es de **\$1, 152,191.07** pesos, que corresponde al consumo promedio de 96,250 litros al mes.

Analizada la producción de biogás con los residuos orgánicos, se contempla que no cubre lo necesario para hacer funcionar un MCI (Motor de combustión interna) para satisfacer las necesidades energéticas del hospital, debido a que con estos residuos se cubre apenas un 1% del total para emplearlos en el motor elegido en la producción de energía eléctrica y térmica, es decir, 5.16 m³/hr.

Como alternativa se contempló la producción de gas de síntesis (syngas), por medio de un sistema de gasificación por pirolisis con el grupo Grupo Hoskinson, especialista en la tecnología de gasificadores. El tiempo de residencia es muy corto y la gasificación se lleva a cabo con gas natural como gasificante, lo cual hace caro el sistema, ya que por las 5.5 toneladas diarias que

produce el hospital, se necesitan 425 m³/hr LHV, que traducido a costos, se estaría pagando 698,380.61 pesos por consumo de gas al mes, para realizar la combustión de los residuos además de que se no se garantiza el abasto total de energía eléctrica, dada la composición química de los residuos.

El objetivo fundamental de este trabajo es dar a conocer la viabilidad de proyectos enfocados al mayor aprovechamiento de los recursos naturales. La cogeneración, no es un tema nuevo, pero si un método que van cobrando gran importancia en los proyectos energéticos actuales.

Dado los resultados obtenidos y siguiendo con el tema de la cogeneración, se propone utilizar el gas natural como combustible, ya con base en la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, el gas natural es la herramienta para enfrentar el desafío de nuestro dañado medio ecológico y evitar mayores contaminaciones de las que se puede trabajar pues a pesar de ser un combustible de origen fósil, reiterando, es relativamente muy limpio. El uso de Gas Natural ayudará en materia de Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, debido a la sustitución de combustibles.

Todo se perfila a que el estudio de viabilidad económica sobre el proyecto planteado, arroja un resultado positivo en la correcta comparación con lo que se gasta

actualmente por el consumo de energía eléctrica y el abasto de diésel para la producción de vapor, así también por los costos que genera el retiro de desechos del hospital, dando una suma total anual de **17'481,736.02** millones de pesos.

Conclusiones

Se sabe que para considerar a la basura como una fuente de energía, se deben tomar en cuenta dos circunstancias básicas: la cantidad que se genera y su contenido energético.

Queda claro, que los residuos analizados corresponden a los residuos comunes y/o municipales, mismos que no representan ningún riesgo a la salud y son los que el hospital genera en mayor proporción respecto a los residuos peligrosos que solo representan el 5% de los residuos totales.

Dentro de los objetivos principales de esta investigación establecimos analizar un sistema de cogeneración empleado en un hospital y el aprovechamiento del potencial energético de los residuos orgánicos que genera a través del biogás y de esta forma cubrir la demanda eléctrica y térmica que se requiere.

Se demostró que el hospital tiene una demanda de energía eléctrica del orden de los 758.27 kW y una demanda de vapor de $1,461.39 \frac{Kg}{hr}$.

Al analizar los procesos de recuperación de la energía de los residuos por medio de Conversión Biológica (digestor anaerobio) y Conversión Térmica (gasificador), obtuvimos las siguientes conclusiones:

No es posible generar toda la energía que demanda el hospital con los residuos orgánicos disponibles en el hospital pero al tener más residuos orgánicos, en el orden de los 250,000 Kg por día aproximadamente (mismos que corresponden en un 40% a la basura orgánica recolectada de la delegación Benito Juárez), podría obtenerse el biogás necesario para producir la energía demandada en el hospital. Por otra parte considerando el potencial de los residuos producidos actualmente se concluye que a través de un moto generador, se cubre en un 30 % la demanda eléctrica que requiere el estacionamiento de este Centro Médico, ya que la demanda máxima de esta acometida es de 20 kW y con el biogás obtenido se estarían generando 6 kW.

Queda demostrado que la energía eléctrica es cubierta en su totalidad por un sistema de cogeneración que funciona con gas natural, y con respecto a la energía térmica se cubrirá un 33.35% del total, donde claramente se puede considerar un ahorro de combustible respecto a lo utilizado actualmente.

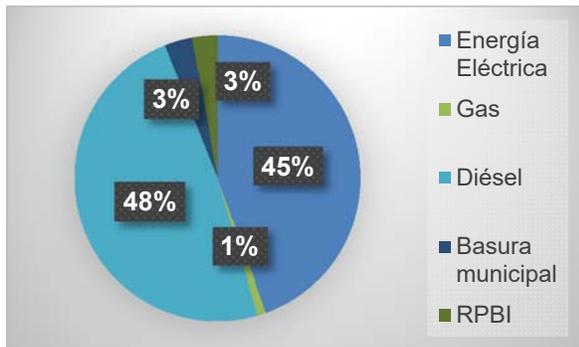
Como se puede apreciar en la propuesta de cogeneración a partir de gas natural, la energía eléctrica utilizada en el hospital y un 33% de energía térmica se estarían generando dentro del mismo, esto hace que la seguridad de la energía aumente, ya que no está limitada a los problemas que pudieran tenerse en la red de electricidad actual.

De los gastos que requiere el hospital actualmente para su operación, se encontró

que en energía eléctrica se gasta por año \$12,688,105.66 que representa el 45% del total, y en Diésel \$13,826,292.90, representado el 48% respectivamente.

En costos por el retiro de residuos generados, el hospital gasta anualmente por servicio de recolección de residuos municipales (basura orgánica e inorgánica no infecciosa) un total de \$892,040.00 representando un 3 % del gasto total al igual que por el retiro de residuos peligrosos con un total de \$818,970.42, mismos que seguirán realizándose al no poder hacer usos de estos residuos para la generación de energía en el hospital.

Por todos estos servicios el hospital gasta anualmente **\$28, 503,472.51** cuyos porcentajes se ven reflejados en la Gráfica 17.



Gráfica 17. Costos anuales por operación del C.M.N. 20 de Noviembre.

Podemos concluir que al emplear el sistema de cogeneración con gas natural el hospital tendrá un ahorro de \$17,299,174.34 pesos anuales, es decir, el ahorro total por

energía eléctrica, y \$4,611,068.68 por la disminución de combustible de diésel en la generación de energía térmica.

Ahora bien, este ahorro solo implica no pagar energía eléctrica y el 33% menos en diésel, pero el hospital necesita seguir cubriendo los demás gastos por operación (entiéndase lo restante para producir la energía térmica, el consumo de gas y el retiro de los desechos), si a esto le sumamos el costo de gas natural para producir ahora la energía eléctrica y demás gastos por operación del sistema de cogeneración, tendremos un flujo de egresos de \$14,417,473.49, esto implica un ahorro neto anual de **\$2,881,700.85** pesos.

Lo que hace interesante la factibilidad de usar un sistema de cogeneración en el hospital, reduciendo los costos por consumo en energía eléctrica y emplear los recursos ahorrados en la innovación de equipamiento médico especializado, y un mejor mantenimiento del centro médico.

El apoyo a la producción de energías limpias amigables con el entorno que habitamos es apenas una muestra de cómo el sector salud puede establecer una serie de apoyos gracias a la aplicación de tecnologías que protejan nuestro medio ambiente. En general, estos beneficios se pueden concentrar en tres cualidades: ecológicas, económicos y sociales.

Podemos mencionar que el ahorro de energía que se atribuye a las recomendaciones de buenas prácticas y la sustitución de equipos está en función de la eficacia de los elementos implicados, la

capacidad de los equipos, las horas de operación y diversas condiciones relacionadas con la naturaleza de los procesos en el hospital.

Nuestro país, está incursionando en el uso de tecnologías que pueden beneficiar las instituciones públicas como lo son los hospitales, edificios representativos en toda la extensión de la palabra.

Las futuras unidades de salud deberán contar con equipos que reduzcan el uso de energía eléctrica e incorporen nuevos sistemas de generación y usos de energía renovable, así mismo contemplar una disminución de los costos de mantenimiento y conservación del propio edificio.

De esta manera buscar que los nuevos hospitales se desarrollen a base de una arquitectura sustentable que ofrezca el bienestar y desarrollo de la propia sociedad y que promueva el equilibrio ecológico en beneficio de las generaciones venideras.

El objetivo como arquitectos comprometidos con el medio ambiente, donde buscamos proyectar hospitales que promuevan la neutralidad en las emisiones de carbono y hacer de estas construcciones, elementos amables con nuestro entorno y el propio usuario; hospitales que no emitan gases de efecto invernadero y puedan ser sustentables reduciendo la contaminación que tanto afecta a nuestra naturaleza, nuestro hábitat, nuestra casa.

Regresando al objetivo principal de nuestra investigación, en una ciudad como lo es el Distrito Federal, prácticamente es imposible encontrar predios libres donde se logre el almacenamiento de residuos para la generación de energía o simplemente la producción de biogás, dada la enorme cantidad de desechos orgánicos a tratar, en donde solo para producir la energía eléctrica que requiere el CMN 20 de Noviembre, necesitamos espacio para almacenar 250,000 Kg por día, nos resulta complicado llevar a cabo tales exigencias, sin embargo esta situación sería totalmente diferente al contemplar un hospital en una zona rural o un hospital establecido en regiones con amplia extensión territorial y sobre todo un hospital en diferentes dimensiones de nuestro caso de estudio, y con menor capacidad resolutive.

México, un país desarrollado a través del petróleo resulta complicado imaginar que los residuos se conviertan en una fuente de energía futura. Sin embargo, la situación actual de energía motiva la búsqueda de fuentes alternas de energías limpias que se caractericen por ser renovables, sustentables y en armonía con el medio.

Dentro de este contexto los residuos pueden cumplir con estos atributos, ya que por un lado observamos que se genera en cantidades suficientes y su producción es cada vez mayor, además de que posee el contenido energético necesario para su conversión a energía, al mismo tiempo que puede proteger al medio ambiente.

Compensar así, las exigencias del futuro, reduciendo al mínimo el impacto perjudicial de la actividad humana, tanto en la utilización de recursos como en la generación de residuos, de tal forma que sean tolerables por las próximas generaciones.

Trabajos citados

(GIZ), D. G. (Febrero de 2013). Micro y pequeña cogeneración y trigeneración en México. D.F., México.

Agency, I. E. (Febrero de 2008). Combined Heat and Power, Evaluating the benefits of greater global investment. Paris, Francia.

Álvarez Flórez , J. A., Callejón Agramunt, I., Forns Farrús, S., Roca Carles, P., & Balsells Grande, D. (2005). *Máquinas térmicas motoras*. Barcelona, España: ALFAOMEGA.

Arias, A. V. (Julio de 2012). UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD). Recuperado el Octubre de 2014, de Gasificación: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401548/CONTENIDO_EN_LI NEA/leccin_25_gasificacin.html

Centeno, S., & Frederick, C. (2005). ¿Qué es Cogeneración? *One Touch ElectroIndustria*.

Centro Médico Nacional 20 de Noviembre. (26 de Febrero de 2013). Recuperado el Agosto de 2013, de Coordinación de Tecnologías de la Información: <http://www.issste-cmn20n.gob.mx/infraestructura.htm>

Centro Médico Nacional 20 de Noviembre. (26 de Febrero de 2013). Recuperado el Agosto de 2013, de Coordinación de Tecnologías de la Información: <http://www.issste-cmn20n.gob.mx/cobertura.html>

Cogenera México. (2012). Recuperado el Octubre de 2013, de Ciclos superior e inferior.: <http://www.cogeneramexico.org.mx/menu.php?m=76>

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, C. R. (Diciembre 2009). *Estudio sobre Cogeneración en el Sector Industrial en México*. México, DF.

CONAE. (1999). *Eficiencia energética en sistemas industriales. Metodología para el análisis de previabilidad en los sistemas de cogeneración*. CONAE.

CONUEE. (2009). *Oportunidades de Cogeneración eficiente*.

(1992). *Convencion Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico* . Naciones Unidas.

Cristià, M. L. (2011). *HOSPITALES EFICIENTES: UNA REVISIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO. Tesis Doctoral*. Universidad de Salamanca. .

DEPARTAMENTO TÉCNICO DE MWM ENERGY ESPAÑA. (ENE/FEB de 2011). *Cogeneración. Energética XXI(106)*.

- Elias, X. (2001). Residuos hospitalarios: naturaleza y caracterización, gestión energética en hospitales. *Seminario Tratamiento Avanzado de Residuos Hospitalarios; Medellín, 5-6 jul. 2001.*, (pág. 29). Medellín.
- ENERGIA, C. P. (1999). EFICIENCIA ENERGETICA EN SISTEMAS INDUSTRIALES; METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE PREVIABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN. CONUEE.
- Energía, C. R. (05 de Julio de 2012). *Comisión Reguladora de Energía*. Recuperado el 21 de Octubre de 2013, de <http://www.cre.gob.mx/permisose.aspx>
- Energía, S. d. (2012). *Estrategia Nacional de Energía 2013-2027*. México, D.F.
- Energía, S. d. (Noviembre de 2012). INICIATIVA PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO, COGENERACIÓN EFICIENTE. México.
- Energía, S. d. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. México.
- Gaglia, A. G. (2007). *Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings*. Energy Conversion and Management .
- Hancock,, T. (2001). *Doing Less Harm: Assessing and Reducing the Environmental Impact of Canada's Health Care System*. Canada: Canadian Coalition for Green Health Care.
- Higman, C. (2003). *Gasification*. Burlington MA: Gulf Professional Publishing., Elsevier.
- Hoffert, M., Caldeira, K., Benford, G., & Criswell, D. (2002). Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet. *American Association for the Advancement of Science*, 298(5595), 981-987.
- INEGI. (2010). *Derechohabiencia y uso de servicios de salud*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Censos de Población y Vivienda, 2010.: <http://www3.inegi.org.mx/sistema/s/sisept/default.aspx?t=msoc14&s=est&c=22596>
- ISSSTE, C. d. (Febrero de 2012). *CENTRO MÉDICO NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE*. Recuperado el Febrero de 2014, de <http://www.issste-cmn20n.gob.mx/quienes.html>
- León De los Santos, G. (2004). Políticas públicas para la promoción de la cogeneración eléctrica en México. *Problemas del Desarrollo*, 17.
- Llopis, G. (12 de Junio de 2012). *energetica XXI*. Recuperado el 10 de Octubre de 2013, de

- <http://www.energetica21.com/noticia/cummins-mejora-la-eficiencia-energetica-y-alcanza-las-exigencias-de-co2-en-un-hospital-de-sidney-Medical>, N. (05 de November de 2009). *News Medical*. Recuperado el 10 de Octubre de 2013, de <http://www.news-medical.net/news/20091105/47/Spanish.aspx>
- MINISTERIO DE SALUD, D. d. (2013). *Eficiencia energética y cogeneración en Hospitales Públicos*. Chile.
- Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency. . (2005). *Commercial and Institutional Consumption of Energy Survey (CICES)*. . Natural Resources Canada, Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency, Canada.
- NOM-161-SEMARNAT-2011. (22 de Agosto de 2011). Recuperado el Enero de 2014, de Diario Oficial de la Federación: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013
- Organización Mundial de la Salud. (Noviembre de 2011). Recuperado el Octubre de 2014, de Desechos de las actividades de atención sanitaria: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/es/>
- Ortiz Monasterio Quintana, A. (Noviembre de 2012). *Conuee / GIZ*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Guía Práctica de Trámites y Permisos para Proyectos de Cogeneración de Energía Eléctrica en México.: <http://conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7665/1/cogeneracion.pdf>
- Pérez Lombard, L. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Elsevier. Energy and Buildings* , 40(Issue 3), 394-398.
- Phillips, J. (2010). *The National Energy Technology Laboratory (NETL)*. Recuperado el Septiembre de 2014, de Different Types of Gasifiers and Their Integration with Gas Turbines: <http://www.netl.doe.gov/File%20Library/research/coal/energy%20systems/gasification/gasifiedia/1-2-1.pdf>
- Products, Capstone Turbine Corporation. (s.f.). *Products, Capstone Turbine Corporation*. Recuperado el Diciembre de 2013, de Products & Solutions: <http://www.capstoneturbine.com/prodsol/products/>
- Residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. (2012). Recuperado el Agosto de 2014, de <http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos>: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos>
- Sala Lizarraga, J. M. (1994). *COGENERACIÓN. Aspectos termodinámicos, tecnológicos y*

económicos. Bilbao: Servicio Editorial Universidad del País Vasco.

Siddiqui, A.S. (s.f.). *Distributed energy resources with combined heat and power applications*. (E. Orlando, Ed.) Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.

The Gasification Technologies Council (GTC) . (2014). Obtenido de http://www.gasification.org/page_1.asp?a=82&b=79

Universidad Autónoma de Occidente. (s.f.). Cogeneración. Colombia: Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología.

WADE. (2013). *The World Alliance for Decentralized Energy*. Recuperado el 23 de Octubre de 2013, de http://www.localpower.org/abt_mission.html

Zusammenarbeit, G. f. (2012). Diplomado en Cogeneración, Módulo 3. “*Esquemas Básicos de Sistemas de Cogeneración*”.



Anexos

Energía eléctrica TOTAL consumida en el C.M.N. 20 de Noviembre

Periodo de facturación: del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013

ANEXO 1

TOTAL ELECTRICIDAD CONSUMIDA EN EL C.M.N. 20 DE NOVIEMBRE

DATOS GENERALES	
Periodo de facturación de 12 meses del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013	
Nombre:	I.S.S.S.T.E. HOSPITAL 20 DE NOVIEMBRE
Calle:	SAN LORENZO
Colonia:	DEL VALLE
Delegación:	BENITO JUAREZ
Código postal:	C.P. 03310
Tipo de tarifa:	HM Y 03
Carga conectada:	1000
Demanda Contratada kW:	1000
Multiplicador:	3000

ACOMETIDA	TARIFA	# DE PERIODO	Periodo	Consumo kWh base	Consumo kWh Intermedia	Consumo kWh punta	\$ Energía en base kWh	\$ Energía en intermedia kWh	\$ Energía en punta kWh	Consumo Total kWh	\$ Cosumo Total	PORCENTAJE	Demanda kW base	Demanda kW intermedia	Demanda kW punta	Demanda MAX kW	Demanda Facturable kW	\$ Precio unitario kW	\$ Demanda Facturable	F.C.	F.P.	\$ Cargo F.P.	\$ Subtotal	\$ I.V.A.	\$ Total
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	ENERO	31 DIC 12 A 31 ENE 13	121,200	244,500	56,100	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.10	421,800	\$554,522.58	81.98%	674	855	681	855	734	\$ 178.88	\$131,297.92	66	87.97	\$ 9,601.48	\$695,421.98	\$11,267.52	\$806,690.29
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	FEBRERO	31 ENE 13 AL 28 FEB 13	118,800	235,800	53,400	\$ 1.00	\$ 1.20	\$ 2.05	408,000	\$511,498.62	81.98%	686	925	765	925	813	\$ 178.33	\$144,982.29	66	87.13	\$ 13,129.61	\$669,610.52	\$107,137.68	\$776,748.49
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	MARZO	28 FEB 13 AL 31 MAR 13	136,200	253,500	55,800	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	445,500	\$548,546.67	81.98%	671	980	770	980	833	\$ 177.76	\$148,074.08	61	87.64	\$ 11,145.93	\$707,766.68	\$113,242.67	\$821,009.83
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	ABRIL	31 MAR 13 A 30 ABR 13	130,200	309,000	35,700	\$ 1.02	\$ 1.22	\$ 2.05	474,900	\$581,061.57	81.98%	688	978	741	978	813	\$ 177.87	\$144,857.70	68	87.6	\$ 25,263.09	\$751,182.36	\$120,189.18	\$871,371.36
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	MAYO	30 ABR 13 A 31 MAY 13	139,800	321,900	26,700	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.13	488,400	\$634,746.45	81.98%	720	1007	732	1007	815	\$ 177.37	\$144,556.55	65	83.87	\$ 34,289.33	\$813,592.33	\$130,174.77	\$943,767.46
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	JUNIO	31 MAY 13 A 30 JUN 13	131,100	297,000	25,200	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 2.11	453,300	\$580,675.68	81.98%	670	1000	757	1000	830	\$ 175.83	\$145,938.90	63	84.73	\$ 26,884.73	\$753,499.31	\$120,559.89	\$874,059.66
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	JULIO	30 JUN 13 A 31 JUL 13	126,300	324,000	27,000	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.08	477,300	\$597,476.91	81.98%	663	922	647	922	730	\$ 175.36	\$128,012.80	70	83.27	\$ 34,823.50	\$760,313.21	\$121,650.11	\$881,963.98
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	AGOSTO	31 JUL 13 A 31 AGO 13	124,251	305,592	26,199	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.09	456,042	\$570,636.51	81.98%	651	921	669	921	745	\$ 177.18	\$131,999.10	67	83.37	\$ 33,726.50	\$736,362.11	\$117,817.94	\$854,181.02
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	SEPTIEMBRE	31 AGO 13 A 30 SEP 13	133,764	280,917	23,382	\$ 1.03	\$ 1.23	\$ 2.06	438,063	\$532,285.39	81.98%	660	942	681	942	765	\$ 176.44	\$134,094.40	65	83.49	\$ 31,319.89	\$697,699.68	\$111,631.95	\$809,331.59
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	OCTUBRE	30 SEP 13 A 31 OCT 13	123,459	300,264	31,584	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.12	455,307	\$598,606.53	81.98%	643	948	660	948	747	\$ 176.23	\$132,381.86	67	83.49	\$ 30,701.51	\$761,689.90	\$121,870.38	\$883,560.87
ELECTRICIDAD HOSPITAL	HM	NOVIEMBRE	31 OCT 13 A 30 NOV 13	122,364	226,725	55,914	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	405,003	\$561,337.53	81.98%	624	894	672	894	739	\$ 177.45	\$131,135.55	63	85.01	\$ 24,236.55	\$716,709.63	\$114,673.54	\$831,384.04
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	ENERO	31 DIC 12 A 31 ENE 13	17,600	33,500	6,900	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.10	58,000	\$75,377.52	8.92%	81	143	101	143	114	\$ 178.88	\$20,392.32	55	86.46	\$ 2,394.24	\$98,164.08	\$15,706.25	\$113,870.33
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	FEBRERO	31 ENE 13 AL 28 FEB 13	12,900	26,600	5,300	\$ 1.00	\$ 1.20	\$ 2.05	44,800	\$55,716.71	8.92%	64	132	85	132	100	\$ 178.33	\$17,833.00	51	88.07	\$ 956.14	\$74,505.85	\$11,920.94	\$86,426.79
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	MARZO	28 FEB 13 AL 31 MAR 13	13,500	26,400	5,000	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	44,900	\$54,802.61	8.92%	59	123	83	123	95	\$ 177.76	\$16,887.20	49	88.44	\$ 788.58	\$72,478.39	\$11,596.54	\$84,074.93
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	ABRIL	31 MAR 13 A 30 ABR 13	12,200	30,500	3,100	\$ 1.02	\$ 1.22	\$ 2.05	45,800	\$55,821.64	8.92%	62	123	69	123	86	\$ 177.87	\$15,225.56	53	88.44	\$ 767.51	\$70,379.69	\$11,244.75	\$81,524.44
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	MAYO	30 ABR 13 A 31 MAY 13	12,500	30,600	2,700	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.13	45,300	\$58,749.79	8.92%	58	121	63	121	81	\$ 177.37	\$14,366.97	50	94.93	\$ 950.51	\$72,166.25	\$11,546.60	\$83,712.85
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	JUNIO	31 MAY 13 A 30 JUN 13	13,300	31,300	2,600	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 2.11	47,200	\$60,518.31	8.92%	62	129	82	129	97	\$ 175.83	\$17,055.51	51	90.93	\$ 232.72	\$77,341.10	\$12,374.58	\$89,715.68
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	JULIO	30 JUN 13 A 31 JUL 13	12,600	33,200	2,600	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.08	48,400	\$60,516.89	8.92%	61	131	72	131	90	\$ 175.36	\$15,782.40	50	91.94	\$ 381.49	\$75,917.80	\$12,146.85	\$88,064.65
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	AGOSTO	31 JUL 13 A 31 AGO 13	11,561	29,731	2,604	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.09	43,896	\$55,076.52	8.92%	77	131	82	131	97	\$ 177.18	\$17,186.46	45	95.01	\$ 939.41	\$71,323.57	\$11,411.77	\$82,735.34
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	SEPTIEMBRE	31 AGO 13 A 30 SEP 13	15,948	33,728	2,704	\$ 1.03	\$ 1.23	\$ 2.06	52,380	\$63,579.67	8.92%	74	133	86	133	101	\$ 176.44	\$17,820.44	55	94.06	\$ 895.40	\$80,504.71	\$12,880.75	\$93,385.46
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	OCTUBRE	30 SEP 13 A 31 OCT 13	14,347	26,960	3,737	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.12	57,464	\$75,289.95	8.92%	73	124	89	124	100	\$ 176.23	\$17,770.61	55	94.06	\$ 666.55	\$92,394.01	\$14,783.04	\$107,177.05
ELECTRICIDAD LABORATORIOS	HM	NOVIEMBRE	31 OCT 13 A 30 NOV 13	14,347	26,960	3,737	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	47,673	\$65,913.07	8.92%	73	146	85	146	104	\$ 177.45	\$18,454.80	45	95.61	\$ 1,265.51	\$83,102.36	\$13,296.38	\$96,398.74
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	ENERO	31 DIC 12 A 31 ENE 13	10,700	25,500	4,900	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.10	41,100	\$53,790.12	7.53%	48	98	62	98	73	\$ 178.88	\$13,058.24	56	65.59	\$ 14,907.18	\$81,755.54	\$13,080.89	\$94,836.43
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	FEBRERO	31 ENE 13 AL 28 FEB 13	10,000	22,800	4,100	\$ 1.00	\$ 1.20	\$ 2.05	36,900	\$45,790.00	7.53%	57	96	63	96	73	\$ 178.33	\$13,018.09	57	64.95	\$ 13,584.78	\$72,392.87	\$11,582.86	\$83,975.73
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	MARZO	28 FEB 13 AL 31 MAR 13	11,900	25,300	4,600	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	41,800	\$51,102.46	7.53%	53	98	66	98	76	\$ 177.76	\$13,509.76	57	64.44	\$ 15,377.70	\$79,989.92	\$12,798.39	\$92,788.31
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	ABRIL	31 MAR 13 A 30 ABR 13	11,200	28,400	2,800	\$ 1.02	\$ 1.22	\$ 2.05	42,400	\$51,637.84	7.53%	51	98	58	98	70	\$ 177.87	\$12,700.29	59	64.44	\$ 14,437.28	\$78,775.41	\$12,604.07	\$91,379.48
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	MAYO	30 ABR 13 A 31 MAY 13	11,900	29,000	2,000	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.13	42,900	\$55,555.90	7.53%	53	99	60	99	72	\$ 177.37	\$12,770.64	58	65.87	\$ 15,031.83	\$83,358.37	\$13,337.34	\$96,695.71
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	JUNIO	31 MAY 13 A 30 JUN 13	11,300	27,100	2,000	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 2.11	40,400	\$51,635.20	7.53%	51	99	59	99	70	\$ 175.83	\$12,308.10	59	68.48	\$ 13,555.97	\$77,499.27	\$12,399.88	\$89,899.15
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	JULIO	30 JUN 13 A 31 JUL 13	10,478	28,933	2,279	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.08	41,690	\$52,236.74	7.53%	53	95	62	95	72	\$ 175.36	\$12,625.92	59	70.91	\$ 10,507.75	\$75,370.41	\$12,059.27	\$87,429.68
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	AGOSTO	31 JUL 13 A 31 AGO 13	10,820	29,483	2,211	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.09	42,526	\$53,176.07	7.53%	49	95	58	95	70	\$ 177.18	\$12,402.60	60	75.54	\$ 7,541.54	\$73,120.21	\$11,699.23	\$84,819.44
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	SEPTIEMBRE	31 AGO 13 A 30 SEP 13	11,625	26,784	2,021	\$ 1.03	\$ 1.23	\$ 2.06	40,430	\$49,158.20	7.53%	53	94	59	94	70	\$ 176.44	\$12,350.80	60	75.66	\$ 7,012.02	\$68,521.02	\$10,963.36	\$79,484.38
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	OCTUBRE	30 SEP 13 A 31 OCT 13	10,815	28,820	2,775	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.12	42,410	\$55,770.92	7.53%	52	96	62	96	74	\$ 176.23	\$12,450.57	60	75.66	\$ 7,661.90	\$75,883.39	\$12,141.34	\$88,024.73
ELECTRICIDAD EDIFICIO MEDICOS	HM	NOVIEMBRE	31 OCT 13 A 30 NOV 13	11,341	23,495	5,123	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	39,959	\$55,225.81	7.53%	49	95	64	95	76	\$ 177.45	\$13,131.30	58	76.15	\$ 7,450.92	\$75,808.03	\$12,129.28	\$87,937.31
ELECTRICIDAD ESTACIONAMIENTO	03	ENERO	10 DIC 12 A 10 ENE 13	-	-	-	-	-	-	7,020	\$11,898.00	1.22%	20	20	20	20	20	\$ 236.42	\$4,728.40	47	99.99	\$ 415.68	\$16,210.72	\$2,593.72	\$18,804.44
ELECTRICIDAD ESTACIONAMIENTO	03	FEBRERO	10 ENE 13 A 11 FEB 13	-	-	-	-	-	-	7,020	\$11,934.00	1.22%	18	18	18	18	18	\$ 237.89	\$4,282.02	51	99.99	\$ 405.40	\$15,810.62	\$2,529.70	\$18,340.32
ELECTRICIDAD ESTACIONAMIENTO	03	MARZO	11 FEB 13 A 11 MAR 13	-	-	-	-	-	-	6,060	\$9,962.64	1.22%	18	18	18	18	18	\$ 237.15	\$4,268.70	50	99.99	\$ 355.78	\$13,875.56	\$2,220.09	\$16,095.65
ELECTRICIDAD ESTACIONAMIENTO	03	ABRIL	11 MAR 13 A 10 ABR 13	-	-	-	-	-	-	6,300	\$10,262.70	1.22%	18	18	18	18	18	\$ 236.39	\$4,255.02	49	99.99	\$ 362.94	\$14,154.78	\$2,264.76	\$16,419.54
ELECTRICIDAD ESTACIONAMIENTO	03	MAYO	10 ABR 13 A 09 MAY 13	-	-	-	-	-	-	5,760	\$9,538.56	1.22%	18	18	18	18	18	\$ 236.53	\$4,						

Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'Hospital 20 de Noviembre'

Periodo de facturación: del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013

ANEXO 2 ELECTRICIDAD CONSUMIDA EN ACOMETIDA HOSPITAL 20 DE NOVIEMBRE

DATOS GENERALES.	
Periodo de facturación de 12 meses del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013	
Nombre:	I.S.S.S.T.E. HOSPITAL 20 DE NOVIEMBRE
Calle:	SAN LORENZO
Colonia:	DEL VALLE
Delegación:	BENITO JUAREZ
Código postal:	C.P. 03310
Tipo de tarifa:	HM
Carga conectada:	1000
Demanda Contratada kW:	1000
Multiplicador:	3000

MES	FECHA	Consumo kWh base	Consumo kWh Intermedia	Consumo kWh punta	\$ Energía en base kWh	\$ Energía en intermedia kWh	\$ Energía en punta kWh	Consumo Total kWh	\$ Cosumo Total	Demanda kW base	Demanda kW intermedia	Demanda kW punta	Demanda Facturable kW	\$ Precio unitario kW	\$ Demanda Facturable	F.P.	\$ Cargo F.P.	\$ Subtotal	\$ I.V.A.	\$ Total
ENERO	31 DIC 12 A 31 ENE 13	121,200	244,500	56,100	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.10	421,800	\$554,522.58	674	855	681	734	\$ 178.88	\$131,297.92	87.97	\$ 9,601.48	\$695,421.98	\$111,267.52	\$806,690.29
FEBRERO	31 ENE 13 AL 28 FEB 13	118,800	235,800	53,400	\$ 1.00	\$ 1.20	\$ 2.05	408,000	\$511,498.62	686	925	765	813	\$ 178.33	\$144,982.29	87.13	\$ 13,129.61	\$669,610.52	\$107,137.68	\$776,748.49
MARZO	28 FEB 13 AL 31 MAR 13	136,200	253,500	55,800	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	445,500	\$548,546.67	671	980	770	833	\$ 177.76	\$148,074.08	87.64	\$ 11,145.93	\$707,766.68	\$113,242.67	\$821,009.83
ABRIL	31 MAR 13 A 30 ABR 13	130,200	309,000	35,700	\$ 1.02	\$ 1.22	\$ 2.05	474,900	\$581,061.57	688	978	741	813	\$ 177.87	\$144,857.70	87.6	\$ 25,263.09	\$751,182.36	\$120,189.18	\$871,372.36
MAYO	30 ABR 13 A 31 MAY 13	139,800	321,900	26,700	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.13	488,400	\$634,746.45	720	1007	732	815	\$ 177.37	\$144,556.55	83.87	\$ 34,289.33	\$813,592.33	\$130,174.77	\$943,767.46
JUNIO	31 MAY 13 A 30 JUN 13	131,100	297,000	25,200	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 2.11	453,300	\$580,675.68	670	1000	757	830	\$ 175.83	\$145,938.90	84.73	\$ 26,884.73	\$753,499.31	\$120,559.89	\$874,059.66
JULIO	30 JUN 13 A 31 JUL 13	126,300	324,000	27,000	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.08	477,300	\$597,476.91	663	922	647	730	\$ 175.36	\$128,012.80	83.27	\$ 34,823.50	\$760,313.21	\$121,650.11	\$881,963.98
AGOSTO	31 JUL 13 A 31 AGO 13	124,251	305,592	26,199	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.09	456,042	\$570,636.51	651	921	669	745	\$ 177.18	\$131,999.10	83.37	\$ 33,726.50	\$736,362.11	\$117,817.94	\$854,181.02
SEPTIEMBRE	31 AGO 13 A 30 SEP 13	133,764	280,917	23,382	\$ 1.03	\$ 1.23	\$ 2.06	438,063	\$532,285.39	660	942	681	760	\$ 176.44	\$134,094.40	83.49	\$ 31,319.89	\$697,699.68	\$111,631.95	\$809,331.59
OCTUBRE	30 SEP 13 A 31 OCT 13	123,459	300,264	31,584	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.12	455,307	\$598,606.53	543	948	660	747	\$ 176.23	\$132,381.86	83.49	\$ 30,701.51	\$761,689.90	\$121,870.38	\$883,560.87
NOVIEMBRE	31 OCT 13 A 30 NOV 13	122,364	226,725	55,914	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	405,003	\$561,337.53	624	894	672	739	\$ 177.45	\$131,135.55	85.01	\$ 24,236.55	\$716,709.63	\$114,673.54	\$831,384.04
MAXIMOS		139,800	324,000	56,100	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	488,400	\$ 634,746.45	720	1,007	770	833	\$ 178.88	\$ 148,074.08	87.97	\$ 34,823.50	\$ 813,592.33	\$ 130,174.77	\$ 943,767.46
MINIMOS		118,800	226,725	23,382	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	405,003	\$ 511,498.62	543	855	647	730	\$ 175.36	\$ 128,012.80	83.27	\$ 9,601.48	\$ 669,610.52	\$ 107,137.68	\$ 776,748.49
PROMEDIO		127,949	281,745	37,907	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.09	447,601	\$ 570,126.77	659	943	707	778	\$ 177.15	\$ 137,939.20	85.23363636	\$ 25,011.10	\$ 733,077.06	\$ 117,292.33	\$ 850,369.96

Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Laboratorios'

Periodo de facturación: del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013

ANEXO 3 ELECTRICIDAD CONSUMIDA EN ACOMETIDA "I.S.S.T.E LABORATORIOS"

DATOS GENERALES.	
Periodo de facturación de 12 meses del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre	
Nombre:	I.S.S.T.E. LABORATORIOS
Calle:	AV. COYOACÁN NUM. 1344
Colonia:	DEL VALLE
Delegación:	BENITO JUAREZ
Código postal:	C.P. 03310
Tipo de tarifa:	HM
Carga conectada:	559
Demanda Contratada kW:	537
Multiplicador:	1000

MES	FECHA	Consumo kWh base	Consumo kWh Intermedia	Consumo kWh punta	\$ Energía en base kWh	\$ Energía en intermedia kWh	\$ Energía en punta kWh	Consumo Total kWh	\$ Consumo Total	Demanda kW base	Demanda kW intermedia	Demanda kW punta	Demanda Facturable kW	\$ Precio unitario kW	\$ Demanda Facturable	F.P.	\$ Cargo F.P.	\$ Subtotal	\$ I.V.A.	\$ Total
ENERO	31 DIC 12 A 31 ENE 13	17,600	33,500	6,900	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.10	58,000	\$75,377.52	81	143	101	114	\$ 178.88	\$20,392.32	86.46	\$ 2,394.24	\$98,164.08	\$15,706.25	\$113,870.33
FEBRERO	31 ENE 13 AL 28 FEB 13	12,900	26,600	5,300	\$ 1.00	\$ 1.20	\$ 2.05	44,800	\$55,716.71	64	132	85	100	\$ 178.33	\$17,833.00	88.07	\$ 956.14	\$74,505.85	\$11,920.94	\$86,426.79
MARZO	28 FEB 13 AL 31 MAR 13	13,500	26,400	5,000	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	44,900	\$54,802.61	59	123	83	95	\$ 177.76	\$16,887.20	88.44	\$ 788.58	\$72,478.39	\$11,596.54	\$84,074.93
ABRIL	31 MAR 13 A 30 ABR 13	12,200	30,500	3,100	\$ 1.02	\$ 1.22	\$ 2.05	45,800	\$55,821.64	62	123	69	86	\$ 177.87	\$15,225.56	88.44	-\$ 767.51	\$70,279.69	\$11,244.75	\$81,524.44
MAYO	30 ABR 13 A 31 MAY 13	12,500	30,600	2,200	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.13	45,300	\$58,749.79	58	121	63	81	\$ 177.37	\$14,366.97	94.93	-\$ 950.51	\$72,166.25	\$11,546.60	\$83,712.85
JUNIO	31 MAY 13 A 30 JUN 13	13,300	31,300	2,600	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 2.11	47,200	\$60,518.31	62	129	82	97	\$ 175.83	\$17,055.51	90.93	-\$ 232.72	\$77,341.10	\$12,374.58	\$89,715.68
JULIO	30 JUN 13 A 31 JUL 13	12,600	33,200	2,600	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.08	48,400	\$60,516.89	61	131	72	90	\$ 175.36	\$15,782.40	91.94	-\$ 381.49	\$75,917.80	\$12,146.85	\$88,064.65
AGOSTO	31 JUL 13 A 31 AGO 13	11,561	29,731	2,604	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.09	43,896	\$55,076.52	77	131	82	97	\$ 177.18	\$17,186.46	95.01	-\$ 939.41	\$71,323.57	\$11,411.77	\$82,735.34
SEPTIEMBRE	31 AGO 13 A 30 SEP 13	15,948	33,728	2,704	\$ 1.03	\$ 1.23	\$ 2.06	52,380	\$63,579.67	74	133	86	101	\$ 176.44	\$17,820.44	94.06	-\$ 895.40	\$80,504.71	\$12,880.75	\$93,385.46
OCTUBRE	30 SEP 13 A 31 OCT 13	15,853	37,874	3,737	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.12	57,464	\$75,289.95	73	124	89	100	\$ 176.23	\$17,770.61	94.06	-\$ 666.55	\$92,394.01	\$14,783.04	\$107,177.05
NOVIEMBRE	31 OCT 13 A 30 NOV 13	14,347	26,960	6,366	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	47,673	\$65,913.07	73	146	85	104	\$ 177.45	\$18,454.80	95.61	-\$ 1,265.51	\$83,102.36	\$13,296.38	\$96,398.74
MAXIMOS		17,600	37,874	6,900	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	58,000	\$ 75,377.52	81	146	101	114	\$ 178.88	\$ 20,392.32	95.61	\$ 2,394.24	\$ 98,164.08	\$ 15,706.25	\$ 113,870.33
MINIMOS		11,561	26,400	2,200	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	43,896	\$ 54,802.61	58	121	63	81	\$ 175.36	\$ 14,366.97	86.46	-\$ 1,265.51	\$ 70,279.69	\$ 11,244.75	\$ 81,524.44
PROMEDIO		13,846	30,945	3,919	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.09	48,710	\$ 61,942.06	68	131	82	97	\$ 177.15	\$ 17,161.39	91.63181818	-\$ 178.19	\$ 78,925.26	\$ 12,628.04	\$ 91,553.30

Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Edificios Médicos'

Periodo de facturación: del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013

ANEXO 4 ELECTRICIDAD CONSUMIDA EN ACOMETIDA "I.S.S.S.T.E EDIFICIOS MÉDICOS"

DATOS GENERALES.	
Periodo de facturación de 12 meses del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre	
Nombre:	I.S.S.S.T.E. EDIFICIO MÉDICOS
Calle:	AV. COYOACÁN NUM. 1344
Colonia:	DEL VALLE
Delegación:	BENITO JUAREZ
Código postal:	C.P. 03310
Tipo de tarifa:	HM
Carga conectada:	271
Demanda Contratada kW:	165
Multiplicador:	1000

MES	FECHA	Consumo kWh base	Consumo kWh Intermedia	Consumo kWh punta	\$ Energía en base kWh	\$ Energía en intermedia kWh	\$ Energía en punta kWh	Consumo Total kWh	\$ Consumo Total	Demanda kW base	Demanda kW intermedia	Demanda kW punta	Demanda Facturable kW	\$ Precio unitario kW	\$ Demanda Facturable	F.P.	\$ Cargo F.P.	\$ Subtotal	\$ I.V.A.	\$ Total
ENERO	31 DIC 12 A 31 ENE 13	10,700	25,500	4,900	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.10	41,100	\$53,790.12	48	98	62	73	\$ 178.88	\$13,058.24	65.59	\$ 14,907.18	\$81,755.54	\$13,080.89	\$94,836.43
FEBRERO	31 ENE 13 AL 28 FEB 13	10,000	22,800	4,100	\$ 1.00	\$ 1.20	\$ 2.05	36,900	\$45,790.00	57	96	63	73	\$ 178.33	\$13,018.09	64.95	\$ 13,584.78	\$72,392.87	\$11,582.86	\$83,975.73
MARZO	28 FEB 13 AL 31 MAR 13	11,900	25,300	4,600	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	41,800	\$51,102.46	53	98	66	76	\$ 177.76	\$13,509.76	64.44	\$ 15,377.70	\$79,989.92	\$12,798.39	\$92,788.31
ABRIL	31 MAR 13 A 30 ABR 13	11,200	28,400	2,800	\$ 1.02	\$ 1.22	\$ 2.05	42,400	\$51,637.84	51	98	58	70	\$ 177.87	\$12,700.29	64.44	\$ 14,437.28	\$78,775.41	\$12,604.07	\$91,379.48
MAYO	30 ABR 13 A 31 MAY 13	11,900	29,000	2,000	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.13	42,900	\$55,555.90	53	99	60	72	\$ 177.37	\$12,770.64	65.87	\$ 15,031.83	\$83,358.37	\$13,337.34	\$96,695.71
JUNIO	31 MAY 13 A 30 JUN 13	11,300	27,100	2,000	\$ 1.08	\$ 1.30	\$ 2.11	40,400	\$51,635.20	51	95	59	70	\$ 175.83	\$12,308.10	68.48	\$ 13,555.97	\$77,499.27	\$12,399.88	\$89,899.15
JULIO	30 JUN 13 A 31 JUL 13	10,478	28,933	2,279	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.08	41,690	\$52,236.74	53	95	62	72	\$ 175.36	\$12,625.92	70.91	\$ 10,507.75	\$75,370.41	\$12,059.27	\$87,429.68
AGOSTO	31 JUL 13 A 31 AGO 13	10,832	29,483	2,211	\$ 1.05	\$ 1.26	\$ 2.09	42,526	\$53,176.07	49	95	58	70	\$ 177.18	\$12,402.60	75.54	\$ 7,541.54	\$73,120.21	\$11,699.23	\$84,819.44
SEPTIEMBRE	31 AGO 13 A 30 SEP 13	11,625	26,784	2,021	\$ 1.03	\$ 1.23	\$ 2.06	40,430	\$49,158.20	53	94	59	70	\$ 176.44	\$12,350.80	75.66	\$ 7,012.02	\$68,521.02	\$10,963.36	\$79,484.38
OCTUBRE	30 SEP 13 A 31 OCT 13	10,815	28,820	2,775	\$ 1.10	\$ 1.32	\$ 2.12	42,410	\$55,770.92	52	92	66	74	\$ 176.23	\$12,450.57	75.66	\$ 7,661.90	\$75,883.39	\$12,141.34	\$88,024.73
NOVIEMBRE	31 OCT 13 A 30 NOV 13	11,341	23,495	5,123	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	39,959	\$55,225.81	49	95	64	74	\$ 177.45	\$13,131.30	76.15	\$ 7,450.92	\$75,808.03	\$12,129.28	\$87,937.31
MAXIMOS		11,900	29,483	5,123	\$ 1.12	\$ 1.34	\$ 2.15	42,900	\$ 55,770.92	57	99	66	76	\$ 178.88	\$ 13,509.76	76.15	\$ 15,377.70	\$ 83,358.37	\$ 13,337.34	\$ 96,695.71
MINIMOS		10,000	22,800	2,000	\$ 0.99	\$ 1.18	\$ 2.03	36,900	\$ 45,790.00	48	92	58	70	\$ 175.36	\$ 12,308.10	64.44	\$ 7,012.02	\$ 68,521.02	\$ 10,963.36	\$ 79,484.38
PROMEDIO		11,099	26,874	3,164	\$ 1.06	\$ 1.26	\$ 2.09	41,138	\$ 52,279.93	52	96	62	72	\$ 177.15	\$ 12,756.94	69.79	\$ 11,551.72	\$ 76,588.59	\$ 12,254.17	\$ 88,842.76

Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Edificios Estacionamiento'

Periodo de facturación: del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013

ANEXO 5 ELECTRICIDAD CONSUMIDA EN ACOMETIDA "I.S.S.S.T.E EDIFICIOS ESTACIONAMIENTO"

DATOS GENERALES.	
<i>Periodo de facturacion de 12 meses del 10 de Diciembre del 2012 al 09 de Diciembre del 2013</i>	
Nombre:	I.S.S.S.T.E. ESTACIONAMIENTO
Calle:	AV. COYOACÁN NUM. 1346
Colonia:	DEL VALLE
Delegación:	BENITO JUAREZ
Codigo postal	C.P. 03303
Tipo de tarifa:	3
Carga conectada:	45
Demanda Contratada kW:	40
Multiplicador:	60

MES	FECHA	Energía kWh	Consumo kWh promedio diario	\$ Energía promedio kWh	\$ Consumo Total	Demanda kW máxima	\$ Precio unitario kW	\$ Demanda Máxima	F.P.	\$ Cargo F.P.	\$ Subtotal	\$ I.V.A.	\$ Total
ENERO	10 DIC 12 A 10 ENE 13	7,020	226	\$ 1.70	\$11,898.00	20	\$ 236.42	\$4,728.40	99.99	-\$ 415.68	\$16,210.72	\$2,593.72	\$18,804.44
FEBRERO	10 ENE 13 A 11 FEB 13	7,020	226	\$ 1.70	\$11,934.00	18	\$ 237.89	\$4,282.02	99.99	-\$ 405.40	\$15,810.62	\$2,529.70	\$18,340.32
MARZO	11 FEB 13 A 11 MAR 13	6,060	216	\$ 1.64	\$9,962.64	18	\$ 237.15	\$4,268.70	99.99	-\$ 355.78	\$13,875.56	\$2,220.09	\$16,095.65
ABRIL	11 MAR 13 A 10 ABR 13	6,300	203	\$ 1.63	\$10,262.70	18	\$ 236.39	\$4,255.02	99.99	-\$ 362.94	\$14,154.78	\$2,264.76	\$16,419.54
MAYO	10 ABR 13 A 09 MAY 13	5,760	192	\$ 1.66	\$9,538.56	18	\$ 236.53	\$4,257.54	99.99	-\$ 344.90	\$13,451.20	\$2,152.19	\$15,603.39
JUNIO	09 MAY 13 A 10 JUN 13	4,920	158	\$ 1.74	\$8,575.56	17	\$ 235.87	\$4,009.79	99.99	-\$ 314.63	\$12,270.72	\$1,963.32	\$14,234.04
JULIO	10 JUN 13 A 10 JUL 13	7,185	239	\$ 1.72	\$12,365.38	15	\$ 233.82	\$3,507.30	68.99	\$ 2,904.70	\$18,777.38	\$3,004.38	\$21,781.76
AGOSTO	10 JUL 13 A 09 AGO 13	5,886	189	\$ 1.69	\$9,935.56	15	\$ 233.19	\$3,497.85	78.59	\$ 1,168.70	\$14,602.11	\$2,336.34	\$16,938.45
SEPTIEMBRE	09 AGO 13 A 09 SEP 13	6,060	195	\$ 1.69	\$10,265.64	15	\$ 235.62	\$3,534.30	81.53	\$ 855.59	\$14,655.53	\$2,344.88	\$17,000.41
OCTUBRE	09 SEP 13 A 09 OCT 13	5,848	194	\$ 1.67	\$9,754.46	15	\$ 234.63	\$3,519.45	81.64	\$ 809.70	\$14,083.61	\$2,253.38	\$16,336.99
NOVIEMBRE	09 OCT 13 A 08 NOV 13	5,706	184	\$ 1.74	\$9,934.14	14	\$ 234.35	\$3,280.90	79.74	\$ 1,017.55	\$14,232.59	\$2,277.21	\$16,509.80
DICIEMBRE	08 NOV 13 A 09 DIC 13	5,666	188	\$ 1.77	\$10,000.49	15	\$ 235.97	\$3,539.55	79.2	\$ 1,110.28	\$14,650.32	\$2,344.05	\$16,994.37
MAXIMOS		7,185	239	\$ 1.77	\$ 12,365.38	20	\$ 237.89	\$ 4,728.40	99.99	\$ 2,904.70	\$ 18,777.38	\$ 3,004.38	\$ 21,781.76
MINIMOS		4,920	158	\$ 1.63	\$ 8,575.56	14	\$ 233.19	\$ 3,280.90	68.99	-\$ 415.68	\$ 12,270.72	\$ 1,963.32	\$ 14,234.04
PROMEDIO		6,119	201	\$ 1.70	\$ 10,368.93	17	\$ 235.65	\$ 3,890.07	89.13583333	\$ 472.27	\$ 14,731.26	\$ 2,357.00	\$ 17,088.26

Energía eléctrica consumida en ACOMETIDA 'ISSSTE Edificios Taller de Manufactura'

Periodo de facturación: del 31 de Diciembre del 2012 al 30 de Noviembre del 2013

ANEXO 6

ELECTRICIDAD CONSUMIDA EN ACOMETIDA "I.S.S.S.T.E EDIFICIOS TALLER DE MANUFACTURA"

DATOS GENERALES.	
<i>Periodo de facturación de 12 meses del 10 de Diciembre del 2012 al 09 de Diciembre del 2013</i>	
Nombre:	I.S.S.S.T.E. TALLER DE MANUFACTURA
Calle:	AV. COYOACÁN NUM. 1274
Colonia:	DEL VALLE
Delegación:	BENITO JUAREZ
Código postal:	C.P. 03303
Tipo de tarifa:	3
Carga conectada:	45
Demanda Contratada kW:	40
Multiplicador:	60

MES	FECHA	Energía kWh	Consumo kWh promedio diario	\$ Energía promedio kWh	\$ Consumo Total	Demanda kW máxima	\$ Precio unitario kW	\$ Demanda Máxima	F.P.	\$ Cargo F.P.	\$ Subtotal	\$ I.V.A.	\$ Total
ENERO	10 DIC 12 A 10 ENE 13	6,362	205	\$ 1.70	\$10,783.59	20	\$ 236.42	\$4,728.40	88.79	\$ 124.09	\$15,636.08	\$2,501.77	\$18,137.85
FEBRERO	10 ENE 13 A 11 FEB 13	6,549	211	\$ 1.70	\$11,133.30	19	\$ 237.89	\$4,519.91	88.23	\$ 187.83	\$15,841.04	\$2,534.57	\$18,375.61
MARZO	11 FEB 13 A 11 MAR 13	6,508	210	\$ 1.64	\$10,699.15	21	\$ 237.15	\$4,980.15	88.09	\$ 203.83	\$15,883.13	\$2,541.30	\$18,424.43
ABRIL	11 MAR 13 A 10 ABR 13	7,556	244	\$ 1.63	\$12,308.72	22	\$ 236.39	\$5,200.58	86.45	\$ 437.73	\$17,947.03	\$2,871.53	\$20,818.56
MAYO	10 ABR 13 A 09 MAY 13	7,605	254	\$ 1.66	\$12,593.88	24	\$ 236.53	\$5,676.72	87.81	\$ 274.05	\$18,544.65	\$2,967.14	\$21,511.79
JUNIO	09 MAY 13 A 10 JUN 13	8,011	258	\$ 1.74	\$13,963.17	25	\$ 235.87	\$5,896.75	88.06	\$ 258.17	\$20,118.09	\$3,218.89	\$23,336.99
JULIO	10 JUN 13 A 10 JUL 13	7,564	252	\$ 1.72	\$13,017.64	22	\$ 233.82	\$5,144.04	87.56	\$ 308.74	\$18,470.42	\$2,955.27	\$21,425.69
AGOSTO	10 JUL 13 A 09 AGO 13	7,736	250	\$ 1.69	\$13,058.37	23	\$ 233.19	\$5,363.37	87.76	\$ 276.32	\$18,698.06	\$2,991.69	\$21,689.75
SEPTIEMBRE	09 AGO 13 A 09 SEP 13	7,532	243	\$ 1.69	\$12,759.21	23	\$ 235.62	\$5,419.26	88.71	\$ 163.60	\$18,342.07	\$2,934.73	\$21,276.80
OCTUBRE	09 SEP 13 A 09 OCT 13	7,541	251	\$ 1.67	\$12,578.39	22	\$ 234.63	\$5,161.86	89.79	\$ 17.74	\$17,757.99	\$2,841.28	\$20,599.27
NOVIEMBRE	09 OCT 13 A 08 NOV 13	7,797	252	\$ 1.74	\$13,574.58	23	\$ 234.35	\$5,390.05	89.7	\$ 37.92	\$19,002.55	\$3,040.41	\$22,042.95
DICIEMBRE	08 NOV 13 A 09 DIC 13	7,852	262	\$ 1.77	\$13,858.78	21	\$ 235.97	\$4,955.37	90.38	-\$ 18.81	\$18,795.34	\$3,007.25	\$21,802.59
MAXIMOS		8,011	262	\$ 1.77	\$ 13,963.17	25	\$ 237.89	\$ 5,896.75	90.38	\$ 437.73	\$ 20,118.09	\$ 3,218.89	\$ 23,336.99
MINIMOS		6,362	205	\$ 1.63	\$ 10,699.15	19	\$ 233.19	\$ 4,519.91	86.45	-\$ 18.81	\$ 15,636.08	\$ 2,501.77	\$ 18,137.85
PROMEDIO		7,384	241	\$ 1.70	\$ 12,527.40	22	\$ 235.65	\$ 5,203.04	88.44416667	\$ 189.27	\$ 17,919.70	\$ 2,867.15	\$ 20,786.86

Consumo de GAS

Periodo de facturación: del 03 de Enero al 05 de Diciembre del 2013.

ANEXO 7 CONSUMO DE GAS

CONSUMO GAS				
ABASTO	MES	DIA	CONSUMO LITROS	PRECIO
1	ENERO	3	1,122.00	\$6,933.36
2	ENERO	8	3,858.00	\$23,842.44
3	ENERO	17	5,214.00	\$32,222.52
4	ENERO	24	2,712.00	\$16,760.16
5	FEBRERO	1	1,351.00	\$8,389.71
6	FEBRERO	6	2,702.00	\$16,779.42
7	FEBRERO	14	1,300.00	\$8,073.00
8	FEBRERO	21	3,000.00	\$18,629.99
9	FEBRERO	28	1,342.00	\$8,333.82
10	MARZO	27	1,301.00	\$8,118.24
11	ABRIL	24	1,298.00	\$8,138.46
12	MAYO	22	1,522.00	\$9,573.38
13	JUNIO	5	1,362.00	\$8,621.46
14	JUNIO	19	1,186.00	\$7,507.38
15	JULIO	31	4,213.00	\$26,794.69
16	AGOSTO	14	1,083.00	\$6,942.03
17	AGOSTO	28	7,244.41	\$8,403.52
18	SEPTIEMBRE	11	4,101.00	\$26,492.46
19	OCTUBRE	9	1,399.00	\$9,079.51
20	OCTUBRE	23	1,325.00	\$8,599.25
21	NOVIEMBRE		0.00	\$0.00
22	DICIEMBRE	5	1,502.00	\$9,928.22

ABASTOS	MES		CONSUMO LITROS	PRECIO TOTAL
4	ENERO		12,906.00	\$79,758.48
5	FEBRERO		9,695.00	\$60,205.94
1	MARZO		1,301.00	\$8,118.24
1	ABRIL		1,298.00	\$8,138.46
1	MAYO		1,522.00	\$9,573.38
2	JUNIO		2,548.00	\$16,128.84
1	JULIO		4,213.00	\$26,794.69
2	AGOSTO		8,327.41	\$15,345.55
1	SEPTIEMBRE		4,101.00	\$26,492.46
2	OCTUBRE		2,724.00	\$17,678.76
0	NOVIEMBRE		-	.
1	DICIEMBRE		1,502.00	\$9,928.22

SUBTOTALES	21		50,137.41	\$278,163.02
PROMEDIO	1.75		4,557.95	25287.55

Consumo de DIÉSEL

Periodo de facturación: de Enero a Diciembre del 2013.

Facturación de Residuos Municipales Recolectados

Periodo de facturación: del 01 Enero al 31 Diciembre del 2013.

ANEXO 9

MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS MUNICIPALES GENERADOS EN EL 2013, C.M.N. 20 DE NOVIEMBRE ISSSTE

RECOLECCIÓN	MES	DIA	BASURA ORGANICA m3	BASURA INORGANICA m3	MATERIA ESPECIAL m3	TOTAL
1	ENERO	1	2.00	8.00	0.00	10.00
2	ENERO	1	1.00	20.00	0.00	21.00
3	ENERO	2	2.00	12.00	0.00	14.00
4	ENERO	3	2.00	26.00	0.00	28.00
5	ENERO	4	2.00	24.00	0.00	26.00
6	ENERO	5	2.00	28.00	0.00	30.00
7	ENERO	6	2.00	3.00	0.00	5.00
8	ENERO	7	2.00	20.00	0.00	22.00
9	ENERO	8	2.00	28.00	0.00	30.00
10	ENERO	8	1.00	11.00	0.00	12.00
11	ENERO	9	2.00	30.00	0.00	32.00
12	ENERO	10	2.00	28.00	0.00	30.00
13	ENERO	11	2.00	28.00	0.00	30.00
14	ENERO	12	2.00	30.00	0.00	32.00
15	ENERO	13	1.00	7.00	2.00	10.00
16	ENERO	13	2.00	15.00	0.00	17.00
17	ENERO	14	2.00	20.00	0.00	22.00
18	ENERO	15	4.00	22.00	0.00	26.00
19	ENERO	16	2.00	18.00	0.00	20.00
20	ENERO	17	2.00	28.00	0.00	30.00
21	ENERO	18	2.00	40.00	0.00	42.00
22	ENERO	19	2.00	30.00	0.00	32.00
23	ENERO	20	1.00	10.00	0.00	11.00
24	ENERO	21	2.00	18.00	0.00	20.00
25	ENERO	22	2.00	27.00	0.00	29.00
26	ENERO	22	0.00	7.00	2.00	9.00
27	ENERO	23	2.00	30.00	0.00	32.00
28	ENERO	24	2.00	26.00	0.00	28.00
29	ENERO	25	2.00	28.00	0.00	30.00
30	ENERO	26	2.00	30.00	0.00	32.00
31	ENERO	27	2.00	18.00	0.00	20.00
32	ENERO	28	1.00	8.00	0.00	9.00
33	ENERO	28	2.00	30.00	0.00	32.00
34	ENERO	29	4.00	25.00	0.00	29.00
35	ENERO	30	2.00	30.00	0.00	32.00
36	ENERO	31	2.00	30.00	0.00	32.00
37	FEBRERO	1	1.00	14.00	0.00	15.00
38	FEBRERO	1	2.00	34.00	0.00	36.00
39	FEBRERO	2	2.00	30.00	0.00	32.00
40	FEBRERO	2	0.00	10.00	0.00	10.00
41	FEBRERO	3	2.00	23.00	0.00	25.00
42	FEBRERO	3	2.00	5.00	7.00	14.00
43	FEBRERO	4	2.00	16.00	0.00	18.00
44	FEBRERO	4	1.00	8.00	0.00	9.00
45	FEBRERO	5	3.00	25.00	0.00	28.00
46	FEBRERO	5	0.00	11.00	3.00	14.00
47	FEBRERO	6	2.00	36.00	0.00	38.00
48	FEBRERO	6	0.00	9.00	2.00	11.00
49	FEBRERO	7	2.00	28.00	0.00	30.00
50	FEBRERO	7	2.00	7.00	0.00	9.00
51	FEBRERO	8	1.00	10.00	0.00	11.00
52	FEBRERO	8	2.00	30.00	0.00	32.00
53	FEBRERO	9	2.00	28.00	0.00	30.00
54	FEBRERO	9	0.00	6.00	0.00	6.00
55	FEBRERO	10	2.00	30.00	0.00	32.00
56	FEBRERO	10	0.00	11.00	4.00	15.00
57	FEBRERO	11	0.00	12.00	0.00	12.00
58	FEBRERO	11	1.00	8.00	2.00	11.00
59	FEBRERO	12	2.00	20.00	0.00	22.00
60	FEBRERO	12	0.00	6.00	6.00	12.00
61	FEBRERO	13	2.00	30.00	0.00	32.00
62	FEBRERO	13	1.00	10.00	0.00	11.00
63	FEBRERO	14	1.00	17.00	5.00	23.00
64	FEBRERO	14	2.00	12.00	0.00	14.00
65	FEBRERO	15	2.00	38.00	0.00	40.00
66	FEBRERO	15	1.00	6.00	0.00	7.00
67	FEBRERO	16	2.00	30.00	0.00	32.00
68	FEBRERO	16	0.00	8.00	1.00	9.00
69	FEBRERO	17	2.00	28.00	0.00	30.00
70	FEBRERO	17	1.00	8.00	1.00	10.00
71	FEBRERO	18	2.00	15.00	0.00	17.00
72	FEBRERO	18	4.00	6.00	0.00	10.00
73	FEBRERO	19	0.00	8.00	5.00	13.00
74	FEBRERO	19	3.00	25.00	0.00	28.00
75	FEBRERO	20	2.00	30.00	0.00	32.00
76	FEBRERO	20	0.00	11.00	2.00	13.00

77	FEBRERO	21	2.00	42.00	0.00	44.00
78	FEBRERO	21	2.00	6.00	2.00	10.00
79	FEBRERO	22	2.00	30.00	0.00	32.00
80	FEBRERO	22	0.00	8.00	0.00	8.00
81	FEBRERO	23	2.00	28.00	0.00	30.00
82	FEBRERO	23	0.00	11.00	0.00	11.00
83	FEBRERO	24	2.00	26.00	0.00	28.00
84	FEBRERO	24	0.00	9.00	1.00	10.00
85	FEBRERO	25	2.00	18.00	0.00	20.00
86	FEBRERO	25	0.00	14.00	0.00	14.00
87	FEBRERO	26	2.00	28.00	0.00	30.00
88	FEBRERO	26	1.00	7.00	0.00	8.00
89	FEBRERO	27	2.00	30.00	0.00	32.00
90	FEBRERO	27	2.00	7.00	0.00	9.00
91	FEBRERO	28	1.00	8.00	4.00	13.00
92	FEBRERO	28	2.00	50.00	0.00	52.00
93	MARZO	1	2.00	30.00	0.00	32.00
94	MARZO	1	1.00	4.00	0.00	5.00
95	MARZO	2	2.00	28.00	0.00	30.00
96	MARZO	2	0.00	6.00	5.00	11.00
97	MARZO	3	2.00	12.00	0.00	14.00
98	MARZO	3	1.00	19.00	5.00	25.00
99	MARZO	4	2.00	18.00	0.00	20.00
100	MARZO	4	0.00	6.00	1.00	7.00
101	MARZO	5	0.00	22.00	0.00	22.00
102	MARZO	5	0.00	11.00	0.00	11.00
103	MARZO	6	2.00	30.00	0.00	32.00
104	MARZO	6	1.00	8.00	3.00	12.00
105	MARZO	7	2.00	28.00	0.00	30.00
106	MARZO	7	0.00	14.00	1.00	15.00
107	MARZO	8	2.00	28.00	0.00	30.00
108	MARZO	8	0.00	6.00	0.00	6.00
109	MARZO	9	2.00	30.00	0.00	32.00
110	MARZO	9	1.00	4.00	0.00	5.00
111	MARZO	10	1.00	19.00	8.00	28.00
112	MARZO	10	0.00	4.00	0.00	4.00
113	MARZO	11	2.00	16.00	0.00	18.00
114	MARZO	11	0.00	8.00	0.00	8.00
115	MARZO	12	1.00	19.00	0.00	20.00
116	MARZO	12	0.00	10.00	5.00	15.00
117	MARZO	13	2.00	28.00	0.00	30.00
118	MARZO	13	0.00	14.00	0.00	14.00
119	MARZO	14	2.00	41.00	0.00	43.00
120	MARZO	14	0.00	17.00	0.00	17.00
121	MARZO	15	2.00	26.00	0.00	28.00
122	MARZO	15	0.00	6.00	0.00	6.00
123	MARZO	16	2.00	30.00	0.00	32.00
124	MARZO	16	1.00	7.00	8.00	16.00
125	MARZO	17	2.00	14.00	0.00	16.00
126	MARZO	17	0.00	6.00	0.00	6.00
127	MARZO	18	2.00	11.00	0.00	13.00
128	MARZO	18	0.00	5.00	2.00	7.00
129	MARZO	19	0.00	18.00	0.00	18.00
130	MARZO	19	0.00	8.00	0.00	8.00
131	MARZO	20	2.00	30.00	0.00	32.00
132	MARZO	20	2.00	6.00	3.00	11.00
133	MARZO	21	2.00	28.00	0.00	30.00
134	MARZO	21	0.00	18.00	0.00	18.00
135	MARZO	22	2.00	30.00	0.00	32.00
136	MARZO	22	0.00	2.00	13.00	15.00
137	MARZO	23	2.00	38.00	0.00	40.00
138	MARZO	23	0.00	6.00	0.00	6.00
139	MARZO	24	1.00	15.00	0.00	16.00
140	MARZO	24	1.00	12.00	0.00	13.00
141	MARZO	25	2.00	10.00	0.00	12.00
142	MARZO	25	0.00	12.00	0.00	12.00
143	MARZO	26	0.00	12.00	0.00	12.00
144	MARZO	26	1.00	16.00	7.00	24.00
145	MARZO	27	2.00	30.00	0.00	32.00
146	MARZO	27	0.00	8.00	0.00	8.00
147	MARZO	28	2.00	28.00	0.00	30.00
148	MARZO	28	0.00	4.00	2.00	6.00
149	MARZO	29	2.00	31.00	0.00	33.00
150	MARZO	29	2.00	10.00	0.00	12.00
151	MARZO	30	1.00	19.00	0.00	20.00
152	MARZO	30	0.00	8.00	0.00	8.00
153	MARZO	31	1.00	16.00	0.00	17.00
154	MARZO	31	0.00	5.00	0.00	5.00
155	ABRIL	1	2.00	5.00	0.00	7.00
156	ABRIL	1	1.00	8.00	3.00	12.00
157	ABRIL	2	2.00	0.00	20.00	22.00
158	ABRIL	2	1.00	47.00	0.00	48.00
159	ABRIL	3	2.00	30.00	0.00	32.00
160	ABRIL	3	1.00	6.00	2.00	9.00
161	ABRIL	4	2.00	28.00	0.00	30.00
162	ABRIL	4	3.00	5.00	0.00	8.00
163	ABRIL	5	2.00	30.00	0.00	32.00

164	ABRIL	5	1.00	6.00	1.00	8.00
165	ABRIL	6	2.00	26.00	0.00	28.00
166	ABRIL	6	0.00	8.00	2.00	10.00
167	ABRIL	7	1.00	15.00	0.00	16.00
168	ABRIL	7	1.00	2.00	6.00	9.00
169	ABRIL	8	2.00	6.00	0.00	8.00
170	ABRIL	8	1.00	5.00	0.00	6.00
171	ABRIL	9	1.00	0.00	20.00	21.00
172	ABRIL	9	1.00	8.00	0.00	9.00
173	ABRIL	10	2.00	43.00	0.00	45.00
174	ABRIL	10	1.00	6.00	3.00	10.00
175	ABRIL	11	2.00	30.00	0.00	32.00
176	ABRIL	11	0.00	6.00	0.00	6.00
177	ABRIL	12	2.00	28.00	0.00	30.00
178	ABRIL	12	0.00	5.00	2.00	7.00
179	ABRIL	13	2.00	30.00	0.00	32.00
180	ABRIL	13	0.00	4.00	2.00	6.00
181	ABRIL	14	1.00	11.00	0.00	12.00
182	ABRIL	14	1.00	6.00	4.00	11.00
183	ABRIL	15	2.00	5.00	0.00	7.00
184	ABRIL	15	0.00	11.00	3.00	14.00
185	ABRIL	16	2.00	30.00	0.00	32.00
186	ABRIL	16	0.00	3.00	4.00	7.00
187	ABRIL	17	2.00	28.00	0.00	30.00
188	ABRIL	17	0.00	5.00	3.00	8.00
189	ABRIL	18	2.00	44.00	0.00	46.00
190	ABRIL	18	0.00	3.00	2.00	5.00
191	ABRIL	19	2.00	28.00	0.00	30.00
192	ABRIL	19	0.00	2.00	3.00	5.00
193	ABRIL	20	2.00	31.00	0.00	33.00
194	ABRIL	20	0.00	5.00	0.00	5.00
195	ABRIL	21	1.00	20.00	0.00	21.00
196	ABRIL	21	0.00	4.00	1.00	5.00
197	ABRIL	22	0.00	10.00	0.00	10.00
198	ABRIL	22	1.00	7.00	3.00	11.00
199	ABRIL	23	2.00	28.00	0.00	30.00
200	ABRIL	23	0.00	7.00	0.00	7.00
201	ABRIL	24	2.00	28.00	0.00	30.00
202	ABRIL	24	0.00	5.00	0.00	5.00
203	ABRIL	25	2.00	30.00	0.00	32.00
204	ABRIL	25	0.00	3.00	1.00	4.00
205	ABRIL	26	2.00	42.00	0.00	44.00
206	ABRIL	26	0.00	3.00	3.00	6.00
207	ABRIL	27	2.00	30.00	0.00	32.00
208	ABRIL	27	0.00	5.00	0.00	5.00
209	ABRIL	28	2.00	16.00	0.00	18.00
210	ABRIL	28	0.00	8.00	0.00	8.00
211	ABRIL	29	2.00	22.00	0.00	24.00
212	ABRIL	29	0.00	2.00	2.00	4.00
213	ABRIL	30	1.00	16.00	0.00	17.00
214	ABRIL	30	0.00	3.00	5.00	8.00
215	MAYO	1	2.00	36.00	0.00	38.00
216	MAYO	1	1.00	8.00	2.00	11.00
217	MAYO	2	2.00	20.00	0.00	22.00
218	MAYO	2	3.00	3.00	0.00	6.00
219	MAYO	3	2.00	28.00	0.00	30.00
220	MAYO	3	1.00	4.00	2.00	7.00
221	MAYO	4	2.00	30.00	0.00	32.00
222	MAYO	4	2.00	2.00	0.00	4.00
223	MAYO	5	0.00	30.00	0.00	30.00
224	MAYO	5	1.00	3.00	2.00	6.00
225	MAYO	6	2.00	10.00	0.00	12.00
226	MAYO	6	1.00	8.00	2.00	11.00
227	MAYO	7	1.00	21.00	0.00	22.00
228	MAYO	7	1.00	3.00	0.00	4.00
229	MAYO	8	2.00	30.00	0.00	32.00
230	MAYO	8	1.00	1.00	3.00	5.00
231	MAYO	9	2.00	28.00	0.00	30.00
232	MAYO	9	1.00	6.00	0.00	7.00
233	MAYO	10	2.00	28.00	0.00	30.00
234	MAYO	10	0.00	2.00	3.00	5.00
235	MAYO	11	2.00	43.00	0.00	45.00
236	MAYO	11	1.00	3.00	4.00	8.00
237	MAYO	12	1.00	18.00	0.00	19.00
238	MAYO	12	0.00	3.00	3.00	6.00
239	MAYO	13	2.00	10.00	3.00	15.00
240	MAYO	13	2.00	2.00	2.00	6.00
241	MAYO	14	1.00	18.00	0.00	19.00
242	MAYO	14	2.00	1.00	2.00	5.00
243	MAYO	15	2.00	28.00	0.00	30.00
244	MAYO	15	1.00	2.00	3.00	6.00
245	MAYO	16	2.00	30.00	0.00	32.00
246	MAYO	16	1.00	5.00	0.00	6.00
247	MAYO	17	2.00	28.00	0.00	30.00
248	MAYO	17	1.00	1.00	1.00	3.00
249	MAYO	18	2.00	39.00	0.00	41.00
250	MAYO	18	1.00	1.00	4.00	6.00

251	MAYO	19	1.00	15.00	0.00	16.00
252	MAYO	19	1.00	3.00	2.00	6.00
253	MAYO	20	2.00	10.00	0.00	12.00
254	MAYO	20	0.00	1.00	5.00	6.00
255	MAYO	21	1.00	23.00	0.00	24.00
256	MAYO	21	0.00	1.00	6.00	7.00
257	MAYO	22	2.00	28.00	0.00	30.00
258	MAYO	22	1.00	0.00	4.00	5.00
259	MAYO	23	2.00	40.00	0.00	42.00
260	MAYO	23	0.00	1.00	5.00	6.00
261	MAYO	24	2.00	28.00	0.00	30.00
262	MAYO	24	1.00	1.00	6.00	8.00
263	MAYO	25	2.00	30.00	0.00	32.00
264	MAYO	25	1.00	2.00	3.00	6.00
265	MAYO	26	2.00	20.00	0.00	22.00
266	MAYO	26	1.00	1.00	5.00	7.00
267	MAYO	27	1.00	0.00	16.00	17.00
268	MAYO	27	1.00	1.00	3.00	5.00
269	MAYO	28	1.00	12.00	0.00	13.00
270	MAYO	28	1.00	0.00	2.00	3.00
271	MAYO	29	2.00	28.00	0.00	30.00
272	MAYO	29	1.00	1.00	2.00	4.00
273	MAYO	30	2.00	44.00	0.00	46.00
274	MAYO	30	0.00	1.00	3.00	4.00
275	MAYO	31	2.00	28.00	0.00	30.00
276	MAYO	31	1.00	1.00	3.00	5.00
277	JUNIO	1	2.00	28.00	0.00	30.00
278	JUNIO	1	1.00	5.00	4.00	10.00
279	JUNIO	2	1.00	18.00	0.00	19.00
280	JUNIO	2	0.00	4.00	2.00	6.00
281	JUNIO	3	2.00	10.00	0.00	12.00
282	JUNIO	3	1.00	2.00	2.00	5.00
283	JUNIO	4	5.00	25.00	0.00	30.00
284	JUNIO	4	1.00	3.00	1.00	5.00
285	JUNIO	5	2.00	28.00	0.00	30.00
286	JUNIO	5	1.00	2.00	3.00	6.00
287	JUNIO	6	2.00	30.00	0.00	32.00
288	JUNIO	6	1.00	3.00	4.00	8.00
289	JUNIO	7	2.00	28.00	0.00	30.00
290	JUNIO	7	1.00	3.00	2.00	6.00
291	JUNIO	8	2.00	30.00	0.00	32.00
292	JUNIO	8	1.00	1.00	5.00	7.00
293	JUNIO	9	0.00	19.00	0.00	19.00
294	JUNIO	9	0.00	5.00	0.00	5.00
295	JUNIO	10	2.00	10.00	0.00	12.00
296	JUNIO	10	0.00	4.00	4.00	8.00
297	JUNIO	11	1.00	18.00	0.00	19.00
298	JUNIO	11	0.00	2.00	3.00	5.00
299	JUNIO	12	2.00	47.00	0.00	49.00
300	JUNIO	12	1.00	5.00	4.00	10.00
301	JUNIO	13	2.00	30.00	0.00	32.00
302	JUNIO	13	1.00	5.00	1.00	7.00
303	JUNIO	14	2.00	30.00	0.00	32.00
304	JUNIO	14	0.00	4.00	4.00	8.00
305	JUNIO	15	2.00	35.00	0.00	37.00
306	JUNIO	15	1.00	5.00	4.00	10.00
307	JUNIO	16	0.00	16.00	0.00	16.00
308	JUNIO	16	1.00	2.00	1.00	4.00
309	JUNIO	17	2.00	10.00	0.00	12.00
310	JUNIO	17	1.00	2.00	3.00	6.00
311	JUNIO	18	0.00	0.00	30.00	30.00
312	JUNIO	18	1.00	10.00	0.00	11.00
313	JUNIO	19	2.00	30.00	0.00	32.00
314	JUNIO	19	1.00	4.00	2.00	7.00
315	JUNIO	20	2.00	39.00	0.00	41.00
316	JUNIO	20	1.00	7.00	1.00	9.00
317	JUNIO	21	2.00	26.00	0.00	28.00
318	JUNIO	21	2.00	4.00	3.00	9.00
319	JUNIO	22	2.00	30.00	0.00	32.00
320	JUNIO	22	1.00	4.00	4.00	9.00
321	JUNIO	23	0.00	0.00	16.00	16.00
322	JUNIO	23	1.00	5.00	0.00	6.00
323	JUNIO	24	2.00	20.00	0.00	22.00
324	JUNIO	24	0.00	2.00	7.00	9.00
325	JUNIO	25	2.00	18.00	0.00	20.00
326	JUNIO	25	1.00	2.00	8.00	11.00
327	JUNIO	26	2.00	41.00	0.00	43.00
328	JUNIO	26	1.00	2.00	8.00	11.00
329	JUNIO	27	2.00	24.00	0.00	26.00
330	JUNIO	27	1.00	3.00	4.00	8.00
331	JUNIO	28	2.00	30.00	0.00	32.00
332	JUNIO	28	0.00	0.00	8.00	8.00
333	JUNIO	29	2.00	28.00	0.00	30.00
334	JUNIO	29	0.00	4.00	2.00	6.00
335	JUNIO	30	2.00	20.00	0.00	22.00
336	JUNIO	30	0.00	2.00	9.00	11.00
337	JULIO	1	2.00	20.00	0.00	22.00

338	JULIO	1	1.00	4.00	1.00	6.00
339	JULIO	2	1.00	22.00	0.00	23.00
340	JULIO	2	0.00	6.00	0.00	6.00
341	JULIO	3	5.00	24.00	0.00	29.00
342	JULIO	3	2.00	4.00	1.00	7.00
343	JULIO	4	0.00	12.00	0.00	12.00
344	JULIO	4	2.00	14.00	5.00	21.00
345	JULIO	5	2.00	28.00	0.00	30.00
346	JULIO	5	1.00	9.00	7.00	17.00
347	JULIO	6	0.00	12.00	0.00	12.00
348	JULIO	6	0.00	19.00	0.00	19.00
349	JULIO	7	2.00	18.00	0.00	20.00
350	JULIO	7	0.00	0.00	15.00	15.00
351	JULIO	8	0.00	14.00	0.00	14.00
352	JULIO	8	2.00	6.00	9.00	17.00
353	JULIO	9	2.00	30.00	0.00	32.00
354	JULIO	9	0.00	8.00	5.00	13.00
355	JULIO	10	2.00	37.00	0.00	39.00
356	JULIO	10	0.00	6.00	2.00	8.00
357	JULIO	11	2.00	18.00	0.00	20.00
358	JULIO	11	0.00	0.00	11.00	11.00
359	JULIO	12	2.00	21.00	0.00	23.00
360	JULIO	12	0.00	17.00	1.00	18.00
361	JULIO	13	2.00	30.00	0.00	32.00
362	JULIO	13	0.00	7.00	12.00	19.00
363	JULIO	14	2.00	19.00	0.00	21.00
364	JULIO	14	0.00	5.00	9.00	14.00
365	JULIO	15	1.00	9.00	0.00	10.00
366	JULIO	15	0.00	18.00	4.00	22.00
367	JULIO	16	2.00	28.00	0.00	30.00
368	JULIO	16	0.00	7.00	11.00	18.00
369	JULIO	17	2.00	26.00	0.00	28.00
370	JULIO	17	0.00	0.00	8.00	8.00
371	JULIO	18	2.00	43.00	0.00	45.00
372	JULIO	18	0.00	2.00	5.00	7.00
373	JULIO	19	2.00	28.00	0.00	30.00
374	JULIO	19	2.00	7.00	4.00	13.00
375	JULIO	20	2.00	30.00	0.00	32.00
376	JULIO	20	0.00	5.00	7.00	12.00
377	JULIO	21	2.00	16.00	0.00	18.00
378	JULIO	21	6.00	5.00	0.00	11.00
379	JULIO	22	2.00	11.00	0.00	13.00
380	JULIO	22	5.00	4.00	0.00	9.00
381	JULIO	23	2.00	28.00	0.00	30.00
382	JULIO	23	0.00	11.00	4.00	15.00
383	JULIO	24	2.00	28.00	0.00	30.00
384	JULIO	24	0.00	7.00	4.00	11.00
385	JULIO	25	2.00	34.00	0.00	36.00
386	JULIO	25	0.00	0.00	6.00	6.00
387	JULIO	26	3.00	22.00	0.00	25.00
388	JULIO	26	0.00	0.00	11.00	11.00
389	JULIO	27	2.00	26.00	0.00	28.00
390	JULIO	27	1.00	4.00	5.00	10.00
391	JULIO	28	2.00	18.00	0.00	20.00
392	JULIO	28	0.00	4.00	7.00	11.00
393	JULIO	29	1.00	10.00	0.00	11.00
394	JULIO	29	0.00	14.00	4.00	18.00
395	JULIO	30	2.00	0.00	16.00	18.00
396	JULIO	30	0.00	15.00	4.00	19.00
397	JULIO	31	2.00	28.00	0.00	30.00
398	JULIO	30	0.00	5.00	6.00	11.00
399	AGOSTO	1	2.00	22.00	0.00	24.00
400	AGOSTO	1	1.00	9.00	0.00	10.00
401	AGOSTO	2	2.00	19.00	0.00	21.00
402	AGOSTO	2	2.00	6.00	0.00	8.00
403	AGOSTO	3	2.00	33.00	0.00	35.00
404	AGOSTO	3	0.00	4.00	4.00	8.00
405	AGOSTO	4	2.00	18.00	0.00	20.00
406	AGOSTO	4	1.00	3.00	3.00	7.00
407	AGOSTO	5	1.00	14.00	0.00	15.00
408	AGOSTO	5	1.00	4.00	7.00	12.00
409	AGOSTO	6	2.00	18.00	0.00	20.00
410	AGOSTO	6	2.00	6.00	2.00	10.00
411	AGOSTO	7	2.00	16.00	0.00	18.00
412	AGOSTO	7	2.00	8.00	2.00	12.00
413	AGOSTO	8	1.00	17.00	0.00	18.00
414	AGOSTO	8	1.00	5.00	2.00	8.00
415	AGOSTO	9	1.00	17.00	0.00	18.00
416	AGOSTO	9	0.00	5.00	4.00	9.00
417	AGOSTO	10	1.00	21.00	0.00	22.00
418	AGOSTO	10	0.00	7.00	2.00	9.00
419	AGOSTO	11	2.00	18.00	0.00	20.00
420	AGOSTO	11	0.00	4.00	3.00	7.00
421	AGOSTO	12	1.00	12.00	0.00	13.00
422	AGOSTO	12	1.00	7.00	6.00	14.00
423	AGOSTO	13	2.00	30.00	0.00	32.00
424	AGOSTO	13	0.00	5.00	2.00	7.00

425	AGOSTO	14	3.00	20.00	0.00	23.00
426	AGOSTO	14	0.00	4.00	7.00	11.00
427	AGOSTO	15	2.00	22.00	0.00	24.00
428	AGOSTO	15	1.00	5.00	2.00	8.00
429	AGOSTO	16	2.00	21.00	0.00	23.00
430	AGOSTO	16	1.00	4.00	3.00	8.00
431	AGOSTO	17	2.00	26.00	0.00	28.00
432	AGOSTO	17	1.00	0.00	8.00	9.00
433	AGOSTO	18	2.00	18.00	0.00	20.00
434	AGOSTO	18	1.00	2.00	4.00	7.00
435	AGOSTO	19	1.00	11.00	0.00	12.00
436	AGOSTO	19	1.00	6.00	6.00	13.00
437	AGOSTO	20	3.00	18.00	0.00	21.00
438	AGOSTO	20	0.00	4.00	3.00	7.00
439	AGOSTO	21	3.00	25.00	0.00	28.00
440	AGOSTO	21	0.00	6.00	7.00	13.00
441	AGOSTO	22	3.00	25.00	0.00	28.00
442	AGOSTO	22	0.00	6.00	2.00	8.00
443	AGOSTO	23	4.00	21.00	0.00	25.00
444	AGOSTO	23	0.00	2.00	4.00	6.00
445	AGOSTO	24	2.00	30.00	0.00	32.00
446	AGOSTO	24	0.00	2.00	2.00	4.00
447	AGOSTO	25	3.00	18.00	0.00	21.00
448	AGOSTO	25	0.00	0.00	5.00	5.00
449	AGOSTO	26	1.00	8.00	0.00	9.00
450	AGOSTO	26	1.00	15.00	2.00	18.00
451	AGOSTO	27	2.00	20.00	0.00	22.00
452	AGOSTO	27	0.00	22.00	7.00	29.00
453	AGOSTO	28	3.00	18.00	0.00	21.00
454	AGOSTO	28	0.00	4.00	2.00	6.00
455	AGOSTO	29	3.00	27.00	0.00	30.00
456	AGOSTO	29	1.00	2.00	0.00	3.00
457	AGOSTO	30	4.00	29.00	0.00	33.00
458	AGOSTO	30	0.00	2.00	2.00	4.00
459	AGOSTO	31	3.00	18.00	0.00	21.00
460	AGOSTO	31	0.00	6.00	2.00	8.00
461	SEPTIEMBRE	1	2.00	19.00	0.00	21.00
462	SEPTIEMBRE	1	2.00	5.00	1.00	8.00
463	SEPTIEMBRE	2	1.00	9.00	0.00	10.00
464	SEPTIEMBRE	2	0.00	3.00	2.00	5.00
465	SEPTIEMBRE	3	2.00	24.00	0.00	26.00
466	SEPTIEMBRE	3	1.00	5.00	0.00	6.00
467	SEPTIEMBRE	4	0.00	24.00	0.00	24.00
468	SEPTIEMBRE	4	1.00	4.00	0.00	5.00
469	SEPTIEMBRE	5	3.00	43.00	0.00	46.00
470	SEPTIEMBRE	5	0.00	2.00	4.00	6.00
471	SEPTIEMBRE	6	3.00	19.00	0.00	22.00
472	SEPTIEMBRE	6	0.00	8.00	2.00	10.00
473	SEPTIEMBRE	7	2.00	26.00	0.00	28.00
474	SEPTIEMBRE	7	1.00	4.00	4.00	9.00
475	SEPTIEMBRE	8	2.00	18.00	0.00	20.00
476	SEPTIEMBRE	8	1.00	3.00	3.00	7.00
477	SEPTIEMBRE	9	1.00	10.00	0.00	11.00
478	SEPTIEMBRE	9	1.00	11.00	2.00	14.00
479	SEPTIEMBRE	10	4.00	22.00	0.00	26.00
480	SEPTIEMBRE	10	1.00	4.00	2.00	7.00
481	SEPTIEMBRE	11	4.00	30.00	0.00	34.00
482	SEPTIEMBRE	11	1.00	6.00	3.00	10.00
483	SEPTIEMBRE	12	3.00	20.00	0.00	23.00
484	SEPTIEMBRE	12	0.00	8.00	0.00	8.00
485	SEPTIEMBRE	13	3.00	24.00	0.00	27.00
486	SEPTIEMBRE	13	0.00	2.00	5.00	7.00
487	SEPTIEMBRE	14	0.00	35.00	0.00	35.00
488	SEPTIEMBRE	14	1.00	2.00	8.00	11.00
489	SEPTIEMBRE	15	2.00	18.00	0.00	20.00
490	SEPTIEMBRE	15	0.00	8.00	5.00	13.00
491	SEPTIEMBRE	16	1.00	9.00	0.00	10.00
492	SEPTIEMBRE	16	1.00	5.00	6.00	12.00
493	SEPTIEMBRE	17	1.00	12.00	0.00	13.00
494	SEPTIEMBRE	17	0.00	5.00	9.00	14.00
495	SEPTIEMBRE	18	3.00	23.00	0.00	26.00
496	SEPTIEMBRE	18	0.00	5.00	5.00	10.00
497	SEPTIEMBRE	19	4.00	40.00	0.00	44.00
498	SEPTIEMBRE	19	0.00	10.00	0.00	10.00
499	SEPTIEMBRE	20	4.00	25.00	0.00	29.00
500	SEPTIEMBRE	20	2.00	0.00	8.00	10.00
501	SEPTIEMBRE	21	4.00	24.00	0.00	28.00
502	SEPTIEMBRE	21	0.00	8.00	0.00	8.00
503	SEPTIEMBRE	22	2.00	18.00	0.00	20.00
504	SEPTIEMBRE	22	1.00	9.00	5.00	15.00
505	SEPTIEMBRE	23	3.00	15.00	0.00	18.00
506	SEPTIEMBRE	23	0.00	5.00	9.00	14.00
507	SEPTIEMBRE	24	4.00	19.00	0.00	23.00
508	SEPTIEMBRE	24	0.00	0.00	7.00	7.00
509	SEPTIEMBRE	25	3.00	18.00	0.00	21.00
510	SEPTIEMBRE	25	0.00	4.00	6.00	10.00
511	SEPTIEMBRE	26	4.00	32.00	0.00	36.00

512	SEPTIEMBRE	26	0.00	3.00	7.00	10.00
513	SEPTIEMBRE	27	3.00	23.00	0.00	26.00
514	SEPTIEMBRE	27	0.00	5.00	2.00	7.00
515	SEPTIEMBRE	28	4.00	36.00	0.00	40.00
516	SEPTIEMBRE	28	0.00	5.00	2.00	7.00
517	SEPTIEMBRE	29	2.00	19.00	0.00	21.00
518	SEPTIEMBRE	29	0.00	0.00	7.00	7.00
519	SEPTIEMBRE	30	2.00	12.00	0.00	14.00
520	SEPTIEMBRE	30	1.00	2.00	6.00	9.00
521	OCTUBRE	1	3.00	23.00	0.00	26.00
522	OCTUBRE	1	2.00	7.00	0.00	9.00
523	OCTUBRE	2	2.00	22.00	0.00	24.00
524	OCTUBRE	2	1.00	0.00	8.00	9.00
525	OCTUBRE	3	3.00	24.00	0.00	27.00
526	OCTUBRE	3	5.00	4.00	0.00	9.00
527	OCTUBRE	4	2.00	38.00	0.00	40.00
528	OCTUBRE	4	1.00	5.00	2.00	8.00
529	OCTUBRE	5	2.00	23.00	0.00	25.00
530	OCTUBRE	5	0.00	3.00	8.00	11.00
531	OCTUBRE	6	2.00	19.00	0.00	21.00
532	OCTUBRE	6	0.00	8.00	3.00	11.00
533	OCTUBRE	7	1.00	9.00	0.00	10.00
534	OCTUBRE	7	0.00	10.00	2.00	12.00
535	OCTUBRE	8	2.00	22.00	0.00	24.00
536	OCTUBRE	8	0.00	6.00	8.00	14.00
537	OCTUBRE	9	1.00	18.00	0.00	19.00
538	OCTUBRE	9	1.00	4.00	9.00	14.00
539	OCTUBRE	10	3.00	35.00	0.00	38.00
540	OCTUBRE	10	0.00	8.00	0.00	8.00
541	OCTUBRE	11	3.00	25.00	0.00	28.00
542	OCTUBRE	11	6.00	4.00	4.00	14.00
543	OCTUBRE	12	3.00	33.00	0.00	36.00
544	OCTUBRE	12	1.00	5.00	4.00	10.00
545	OCTUBRE	13	3.00	18.00	0.00	21.00
546	OCTUBRE	13	4.00	5.00	0.00	9.00
547	OCTUBRE	14	0.00	0.00	11.00	11.00
548	OCTUBRE	14	0.00	20.00	4.00	24.00
549	OCTUBRE	15	2.00	25.00	0.00	27.00
550	OCTUBRE	15	2.00	8.00	0.00	10.00
551	OCTUBRE	16	2.00	20.00	0.00	22.00
552	OCTUBRE	16	1.00	4.00	4.00	9.00
553	OCTUBRE	17	2.00	18.00	0.00	20.00
554	OCTUBRE	17	8.00	4.00	0.00	12.00
555	OCTUBRE	18	3.00	19.00	0.00	22.00
556	OCTUBRE	18	0.00	2.00	2.00	4.00
557	OCTUBRE	19	2.00	22.00	0.00	24.00
558	OCTUBRE	19	1.00	4.00	6.00	11.00
559	OCTUBRE	20	5.00	18.00	0.00	23.00
560	OCTUBRE	20	2.00	7.00	0.00	9.00
561	OCTUBRE	21	0.00	12.00	0.00	12.00
562	OCTUBRE	21	0.00	10.00	18.00	28.00
563	OCTUBRE	22	2.00	20.00	0.00	22.00
564	OCTUBRE	22	0.00	6.00	2.00	8.00
565	OCTUBRE	23	2.00	19.00	0.00	21.00
566	OCTUBRE	23	1.00	5.00	0.00	6.00
567	OCTUBRE	24	2.00	20.00	0.00	22.00
568	OCTUBRE	24	1.00	6.00	2.00	9.00
569	OCTUBRE	25	2.00	21.00	0.00	23.00
570	OCTUBRE	25	1.00	8.00	4.00	13.00
571	OCTUBRE	26	2.00	30.00	0.00	32.00
572	OCTUBRE	26	0.00	6.00	9.00	15.00
573	OCTUBRE	27	5.00	18.00	0.00	23.00
574	OCTUBRE	27	2.00	6.00	6.00	14.00
575	OCTUBRE	28	2.00	15.00	0.00	17.00
576	OCTUBRE	28	1.00	4.00	9.00	14.00
577	OCTUBRE	29	2.00	34.00	0.00	36.00
578	OCTUBRE	29	0.00	8.00	2.00	10.00
579	OCTUBRE	30	2.00	18.00	0.00	20.00
580	OCTUBRE	30	0.00	3.00	4.00	7.00
581	OCTUBRE	31	3.00	24.00	0.00	27.00
582	OCTUBRE	31	1.00	8.00	4.00	13.00
583	NOVIEMBRE	1	2.00	7.00	0.00	9.00
584	NOVIEMBRE	1	3.00	14.00	0.00	17.00
585	NOVIEMBRE	2	5.00	21.00	0.00	26.00
586	NOVIEMBRE	2	0.00	5.00	0.00	5.00
587	NOVIEMBRE	3	1.00	8.00	0.00	9.00
588	NOVIEMBRE	3	2.00	15.00	0.00	17.00
589	NOVIEMBRE	4	1.00	11.00	0.00	12.00
590	NOVIEMBRE	4	1.00	8.00	0.00	9.00
591	NOVIEMBRE	5	0.00	9.00	0.00	9.00
592	NOVIEMBRE	5	3.00	15.00	0.00	18.00
593	NOVIEMBRE	6	2.00	11.00	0.00	13.00
594	NOVIEMBRE	6	2.00	25.00	0.00	27.00
595	NOVIEMBRE	7	3.00	17.00	0.00	20.00
596	NOVIEMBRE	7	1.00	8.00	0.00	9.00
597	NOVIEMBRE	8	5.00	28.00	0.00	33.00
598	NOVIEMBRE	8	1.00	9.00	0.00	10.00

599	NOVIEMBRE	9	2.00	16.00	0.00	18.00
600	NOVIEMBRE	9	2.00	0.00	18.00	20.00
601	NOVIEMBRE	10	1.00	14.00	0.00	15.00
602	NOVIEMBRE	10	0.00	10.00	0.00	10.00
603	NOVIEMBRE	11	2.00	10.00	0.00	12.00
604	NOVIEMBRE	11	2.00	14.00	0.00	16.00
605	NOVIEMBRE	12	0.00	17.00	0.00	17.00
606	NOVIEMBRE	12	1.00	17.00	0.00	18.00
607	NOVIEMBRE	13	5.00	22.00	0.00	27.00
608	NOVIEMBRE	13	1.00	7.00	0.00	8.00
609	NOVIEMBRE	14	3.00	17.00	0.00	20.00
610	NOVIEMBRE	14	2.00	18.00	0.00	20.00
611	NOVIEMBRE	15	2.00	15.00	0.00	17.00
612	NOVIEMBRE	15	2.00	12.00	0.00	14.00
613	NOVIEMBRE	16	7.00	28.00	0.00	35.00
614	NOVIEMBRE	16	0.00	0.00	8.00	8.00
615	NOVIEMBRE	17	1.00	14.00	0.00	15.00
616	NOVIEMBRE	17	2.00	11.00	0.00	13.00
617	NOVIEMBRE	18	1.00	5.00	0.00	6.00
618	NOVIEMBRE	18	1.00	9.00	0.00	10.00
619	NOVIEMBRE	19	1.00	8.00	0.00	9.00
620	NOVIEMBRE	19	1.00	5.00	0.00	6.00
621	NOVIEMBRE	20	2.00	22.00	0.00	24.00
622	NOVIEMBRE	20	1.00	6.00	0.00	7.00
623	NOVIEMBRE	21	3.00	17.00	0.00	20.00
624	NOVIEMBRE	21	1.00	9.00	0.00	10.00
625	NOVIEMBRE	22	3.00	18.00	0.00	21.00
626	NOVIEMBRE	22	1.00	7.00	0.00	8.00
627	NOVIEMBRE	23	4.00	19.00	0.00	23.00
628	NOVIEMBRE	23	0.00	4.00	0.00	4.00
629	NOVIEMBRE	24	1.00	15.00	0.00	16.00
630	NOVIEMBRE	24	1.00	8.00	0.00	9.00
631	NOVIEMBRE	25	2.00	11.00	0.00	13.00
632	NOVIEMBRE	25	1.00	9.00	0.00	10.00
633	NOVIEMBRE	26	3.00	21.00	0.00	24.00
634	NOVIEMBRE	26	1.00	17.00	0.00	18.00
635	NOVIEMBRE	27	1.00	21.00	0.00	22.00
636	NOVIEMBRE	27	1.00	8.00	0.00	9.00
637	NOVIEMBRE	28	2.00	6.00	0.00	8.00
638	NOVIEMBRE	28	1.00	0.00	18.00	19.00
639	NOVIEMBRE	29	2.00	15.00	0.00	17.00
640	NOVIEMBRE	29	1.00	7.00	0.00	8.00
641	NOVIEMBRE	30	3.00	31.00	0.00	34.00
642	NOVIEMBRE	30	1.00	5.00	0.00	6.00
643	DICIEMBRE	1	2.00	8.00	0.00	10.00
644	DICIEMBRE	1	2.00	14.00	0.00	16.00
645	DICIEMBRE	2	2.00	8.00	0.00	10.00
646	DICIEMBRE	2	1.00	6.00	0.00	7.00
647	DICIEMBRE	3	3.00	19.00	0.00	22.00
648	DICIEMBRE	3	2.00	16.00	0.00	18.00
649	DICIEMBRE	4	1.00	12.00	0.00	13.00
650	DICIEMBRE	4	1.00	10.00	0.00	11.00
651	DICIEMBRE	5	1.00	17.00	0.00	18.00
652	DICIEMBRE	5	3.00	12.00	0.00	15.00
653	DICIEMBRE	6	1.00	7.00	0.00	8.00
654	DICIEMBRE	6	4.00	14.00	0.00	18.00
655	DICIEMBRE	7	1.00	12.00	0.00	13.00
656	DICIEMBRE	7	3.00	28.00	0.00	31.00
657	DICIEMBRE	8	1.00	7.00	0.00	8.00
658	DICIEMBRE	8	1.00	8.00	0.00	9.00
659	DICIEMBRE	9	1.00	9.00	0.00	10.00
660	DICIEMBRE	9	1.00	6.00	0.00	7.00
661	DICIEMBRE	10	2.00	22.00	0.00	24.00
662	DICIEMBRE	10	3.00	29.00	0.00	32.00
663	DICIEMBRE	11	1.00	8.00	0.00	9.00
664	DICIEMBRE	11	2.00	13.00	0.00	15.00
665	DICIEMBRE	12	3.00	18.00	0.00	21.00
666	DICIEMBRE	12	1.00	13.00	0.00	14.00
667	DICIEMBRE	13	1.00	13.00	0.00	14.00
668	DICIEMBRE	13	3.00	19.00	0.00	22.00
669	DICIEMBRE	14	1.00	11.00	0.00	12.00
670	DICIEMBRE	14	2.00	18.00	0.00	20.00
671	DICIEMBRE	15	1.00	11.00	0.00	12.00
672	DICIEMBRE	15	1.00	13.00	0.00	14.00
673	DICIEMBRE	16	1.00	11.00	0.00	12.00
674	DICIEMBRE	16	2.00	10.00	0.00	12.00
675	DICIEMBRE	17	2.00	21.00	0.00	23.00
676	DICIEMBRE	17	2.00	14.00	0.00	16.00
677	DICIEMBRE	18	1.00	9.00	0.00	10.00
678	DICIEMBRE	18	2.00	13.00	0.00	15.00
679	DICIEMBRE	19	1.00	11.00	0.00	12.00
680	DICIEMBRE	19	2.00	26.00	0.00	28.00
681	DICIEMBRE	20	1.00	16.00	0.00	17.00
682	DICIEMBRE	20	2.00	12.00	0.00	14.00
683	DICIEMBRE	21	1.00	7.00	0.00	8.00
684	DICIEMBRE	21	1.00	21.00	0.00	22.00
685	DICIEMBRE	22	1.00	8.00	0.00	9.00

686	DICIEMBRE	22	3.00	14.00	0.00	17.00
687	DICIEMBRE	23	1.00	12.00	0.00	13.00
688	DICIEMBRE	23	2.00	10.00	0.00	12.00
689	DICIEMBRE	24	1.00	8.00	0.00	9.00
690	DICIEMBRE	24	1.00	14.00	0.00	15.00
691	DICIEMBRE	25	1.00	5.00	0.00	6.00
692	DICIEMBRE	25	2.00	12.00	0.00	14.00
693	DICIEMBRE	26	1.00	8.00	0.00	9.00
694	DICIEMBRE	26	1.00	9.00	0.00	10.00
695	DICIEMBRE	27	2.00	22.00	0.00	24.00
696	DICIEMBRE	27	1.00	13.00	0.00	14.00
697	DICIEMBRE	28	2.00	21.00	0.00	23.00
698	DICIEMBRE	28	1.00	11.00	0.00	12.00
699	DICIEMBRE	29	1.00	4.00	0.00	5.00
700	DICIEMBRE	29	1.00	12.00	0.00	13.00
701	DICIEMBRE	30	1.00	9.00	0.00	10.00
702	DICIEMBRE	30	2.00	12.00	0.00	14.00
703	DICIEMBRE	31	2.00	17.00	0.00	19.00
704	DICIEMBRE	31	1.00	11.00	0.00	12.00

MAXMO	31	8	50	30	52
MINIMO	1	0	0	0	3
PROMEDIO	15.70	1.43	14.63	1.48	17.54

RECOLECCIONES	MES	BASURA ORGANICA m3	BASURA INORGANICA m3	MATERIA ESPECIAL m3	TOTAL	COSTO POR MES	IVA	COSTO TOTAL
36	ENERO	69.00	793.00	4.00	866.00	\$34,200.00	\$5,472.00	\$39,672.00
56	FEBRERO	78.00	1021.00	45.00	1144.00	\$61,600.00	\$9,856.00	\$71,456.00
62	MARZO	62.00	1005.00	63.00	1130.00	\$68,200.00	\$10,912.00	\$79,112.00
60	ABRIL	66.00	888.00	95.00	1049.00	\$66,000.00	\$10,560.00	\$76,560.00
62	MAYO	83.00	853.00	101.00	1037.00	\$68,200.00	\$10,912.00	\$79,112.00
60	JUNIO	75.00	824.00	149.00	1048.00	\$66,000.00	\$10,560.00	\$76,560.00
62	JULIO	79.00	903.00	184.00	1166.00	\$68,200.00	\$10,912.00	\$79,112.00
62	AGOSTO	85.00	795.00	105.00	985.00	\$68,200.00	\$10,912.00	\$79,112.00
60	SEPTIEMBRE	91.00	807.00	120.00	1018.00	\$66,000.00	\$10,560.00	\$76,560.00
62	OCTUBRE	112.00	850.00	135.00	1097.00	\$68,200.00	\$10,912.00	\$79,112.00
60	NOVIEMBRE	107.00	756.00	44.00	907.00	\$66,000.00	\$10,560.00	\$76,560.00
62	DICIEMBRE	98.00	804.00	0.00	902.00	\$68,200.00	\$10,912.00	\$79,112.00

SUBTOTAL	704	1005.00	10299.00	11304.00	12349.00	\$769,000.00		\$892,040.00
PROMEDIO	58.67	83.75	858.25	87.08	1029.08	\$64,083.33		\$74,336.67
MAXMO	62.00	112.00	1,021.00	184.00	1,166.00	68,200.00		79,112.00
MINIMO	36.00	62.00	756.00	0.00	866.00	34,200.00		39,672.00
PROMEDIO	58.67	83.75	858.25	87.08	1,029.08	64,083.33		74,336.67



ANEXO 10

Facturación de R.P.B.I.S Recolectados

Periodo de facturación: del 01 Enero al 31 Diciembre del 2013.

ANEXO 10

MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS GENERADOS EN EL 2013, C.M.N. 20 DE NOVIEMBRE ISSSTE									
RECOLECCIÓN	MES	DIA	LIQUIDOS	CULTIVOS Y CEPAS	PUNZOCORTANTES	RESIDUOS PATOLOGICOS	RESIDUOS NO ANATOMICOS	SANGRE	TOTAL
1	ENERO	1	0.00	0.00	0.00	0.00	55.00	0.00	55.00
2	ENERO	2	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00	40.00
3	ENERO	3	0.00	17.00	22.00	0.00	70.00	31.00	140.00
4	ENERO	4	0.00	12.00	0.00	0.00	109.00	25.00	146.00
5	ENERO	5	0.00	23.00	0.00	0.00	147.00	35.00	205.00
6	ENERO	6	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00	40.00
7	ENERO	7	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	0.00	26.00
8	ENERO	8	0.00	8.00	5.00	0.00	79.00	20.00	112.00
9	ENERO	9	0.00	24.00	8.00	0.00	117.00	31.00	180.00
10	ENERO	10	0.00	15.00	10.00	0.00	47.00	23.00	95.00
11	ENERO	11	0.00	25.00	4.00	0.00	143.00	38.00	210.00
12	ENERO	12	0.00	12.00	5.00	0.00	148.00	20.00	185.00
13	ENERO	13	0.00	0.00	5.00	0.00	29.00	0.00	34.00
14	ENERO	14	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00
15	ENERO	15	340.00	7.00	8.00	52.00	75.00	14.00	496.00
16	ENERO	16	0.00	28.00	14.00	0.00	270.00	35.00	347.00
17	ENERO	17	0.00	14.00	6.00	0.00	88.00	28.00	136.00
18	ENERO	18	0.00	10.00	3.00	0.00	110.00	22.00	145.00
19	ENERO	19	0.00	7.00	7.00	0.00	94.00	18.00	126.00
20	ENERO	20	0.00	0.00	0.00	0.00	45.00	0.00	45.00
21	ENERO	21	0.00	0.00	0.00	0.00	73.00	0.00	73.00
22	ENERO	22	0.00	8.00	7.00	0.00	47.00	15.00	77.00
23	ENERO	23	0.00	16.00	8.00	0.00	159.00	27.00	210.00
24	ENERO	24	0.00	9.00	12.00	0.00	182.00	23.00	226.00
25	ENERO	25	0.00	12.00	6.00	40.50	140.00	25.00	223.50
26	ENERO	26	0.00	7.00	4.00	0.00	140.00	18.00	169.00
27	ENERO	27	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	0.00	35.00
28	ENERO	28	0.00	0.00	0.00	0.00	37.00	0.00	37.00
29	ENERO	29	0.00	14.00	8.00	0.00	140.00	30.00	192.00
30	ENERO	30	0.00	10.00	9.00	0.00	136.00	24.00	179.00
31	ENERO	31	0.00	8.00	4.00	0.00	130.00	20.00	162.00
32	FEBRERO	1	340.00	7.00	12.00	0.00	164.00	31.00	554.00
33	FEBRERO	2	0.00	11.00	15.00	0.00	148.00	35.00	209.00
34	FEBRERO	3	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00	38.00
35	FEBRERO	4	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	25.00
36	FEBRERO	5	0.00	0.00	0.00	0.00	49.00	0.00	49.00
37	FEBRERO	6	0.00	13.00	5.00	0.00	118.00	28.00	164.00
38	FEBRERO	7	0.00	15.00	8.00	0.00	164.00	34.00	221.00
39	FEBRERO	8	0.00	25.00	13.00	6.00	153.00	42.00	239.00
40	FEBRERO	9	0.00	12.00	4.00	0.00	70.00	25.00	111.00
41	FEBRERO	10	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00	0.00	58.00
42	FEBRERO	11	0.00	0.00	0.00	0.00	52.00	0.00	52.00
43	FEBRERO	12	0.00	14.00	7.00	0.00	96.00	20.00	137.00
44	FEBRERO	13	0.00	24.00	5.00	0.00	166.00	38.00	233.00
45	FEBRERO	14	0.00	16.00	7.00	0.00	115.00	27.00	165.00
46	FEBRERO	15	0.00	20.00	4.00	0.00	94.00	34.00	152.00
47	FEBRERO	16	0.00	18.00	0.00	37.00	132.00	26.00	213.00
48	FEBRERO	17	0.00	0.00	0.00	0.00	51.00	0.00	51.00
49	FEBRERO	18	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	30.00
50	FEBRERO	19	0.00	12.00	10.00	0.00	103.00	15.00	140.00
51	FEBRERO	20	0.00	16.00	5.00	28.00	144.00	27.00	220.00
52	FEBRERO	21	0.00	13.00	3.00	0.00	152.00	20.00	188.00
53	FEBRERO	22	0.00	8.00	2.00	0.00	85.00	17.00	112.00
54	FEBRERO	23	0.00	16.00	9.00	0.00	188.00	27.00	240.00
55	FEBRERO	24	0.00	0.00	0.00	0.00	48.00	0.00	48.00
56	FEBRERO	25	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00	38.00
57	FEBRERO	26	0.00	12.00	5.00	0.00	162.00	21.00	200.00
58	FEBRERO	27	0.00	15.00	4.00	63.00	207.00	28.00	317.00
59	FEBRERO	28	0.00	19.00	12.00	0.00	177.00	36.00	244.00
60	MARZO	1	0.00	15.00	8.00	0.00	142.00	38.00	203.00
61	MARZO	2	0.00	10.00	6.00	0.00	158.00	25.00	199.00
62	MARZO	3	0.00	0.00	0.00	0.00	62.00	0.00	62.00
63	MARZO	4	0.00	0.00	0.00	0.00	33.00	0.00	33.00
64	MARZO	5	0.00	14.00	5.00	0.00	154.00	32.00	205.00
65	MARZO	6	0.00	10.00	7.00	0.00	155.00	28.00	200.00
66	MARZO	7	0.00	17.00	10.00	0.00	161.00	34.00	222.00
67	MARZO	8	0.00	20.00	12.00	0.00	97.00	38.00	167.00
68	MARZO	9	0.00	17.00	6.00	0.00	131.00	31.00	185.00
69	MARZO	10	0.00	0.00	0.00	0.00	73.00	0.00	73.00
70	MARZO	11	0.00	0.00	0.00	0.00	43.00	0.00	43.00
71	MARZO	12	0.00	14.00	8.00	0.00	113.00	35.00	170.00
72	MARZO	13	0.00	21.00	11.00	40.75	170.00	38.00	280.75
73	MARZO	14	0.00	28.00	15.00	0.00	170.00	42.00	255.00
74	MARZO	15	0.00	10.00	5.00	0.00	148.00	27.00	190.00
75	MARZO	16	0.00	7.00	8.00	0.00	159.00	21.00	195.00
76	MARZO	17	0.00	0.00	0.00	0.00	42.00	0.00	42.00
77	MARZO	18	0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	0.00	28.00
78	MARZO	19	0.00	0.00	5.00	0.00	112.00	29.00	146.00
79	MARZO	20	0.00	12.00	4.00	0.00	104.00	21.00	141.00
80	MARZO	21	0.00	23.00	6.00	0.00	120.00	33.00	182.00
81	MARZO	22	0.00	17.00	8.00	0.00	156.00	36.00	217.00
82	MARZO	23	0.00	14.00	6.00	0.00	156.00	27.00	203.00
83	MARZO	24	0.00	0.00	0.00	0.00	82.00	0.00	82.00
84	MARZO	25	0.00	0.00	0.00	0.00	68.00	0.00	68.00
85	MARZO	26	0.00	7.00	10.00	0.00	177.00	28.00	222.00
86	MARZO	27	0.00	16.00	5.00	0.00	109.00	35.00	165.00
87	MARZO	28	0.00	21.00	8.00	0.00	170.00	42.00	241.00
88	MARZO	29	0.00	0.00	4.00	0.00	75.80	0.00	79.80
89	MARZO	30	0.00	13.00	0.00	0.00	58.50	10.00	81.50

90	MARZO	31	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	0,00	65,00
91	ABRIL	1	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	38,00
92	ABRIL	2	0,00	16,00	8,00	0,00	157,00	35,00	216,00
93	ABRIL	3	0,00	12,00	5,00	0,00	170,00	28,00	215,00
94	ABRIL	4	0,00	10,00	8,00	46,00	150,00	31,00	245,00
95	ABRIL	5	0,00	14,00	7,00	0,00	117,00	26,00	164,00
96	ABRIL	6	0,00	10,00	5,00	0,00	147,00	22,00	184,00
97	ABRIL	7	0,00	0,00	0,00	0,00	85,00	0,00	85,00
98	ABRIL	8	0,00	0,00	0,00	0,00	74,00	0,00	74,00
99	ABRIL	9	0,00	18,00	9,00	0,00	196,00	37,00	260,00
100	ABRIL	10	0,00	15,00	6,00	0,00	125,00	29,00	175,00
101	ABRIL	11	0,00	10,00	4,00	0,00	118,00	22,00	154,00
102	ABRIL	12	0,00	14,00	7,00	0,00	156,00	34,00	211,00
103	ABRIL	13	0,00	20,00	12,00	0,00	182,00	38,00	252,00
104	ABRIL	14	0,00	0,00	0,00	0,00	62,00	15,00	77,00
105	ABRIL	15	0,00	0,00	0,00	0,00	61,00	0,00	61,00
106	ABRIL	16	0,00	17,00	9,00	0,00	155,00	29,00	210,00
107	ABRIL	17	0,00	21,00	15,00	0,00	169,00	35,00	240,00
108	ABRIL	18	0,00	14,00	8,00	0,00	170,00	29,00	221,00
109	ABRIL	19	0,00	8,00	5,00	0,00	90,00	21,00	124,00
110	ABRIL	20	0,00	27,00	9,00	0,00	197,00	32,00	265,00
111	ABRIL	21	0,00	0,00	0,00	0,00	70,00	0,00	70,00
112	ABRIL	22	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	50,00
113	ABRIL	23	0,00	18,00	7,00	0,00	175,00	25,00	225,00
114	ABRIL	24	0,00	25,00	12,00	0,00	172,00	36,00	245,00
115	ABRIL	25	0,00	20,00	9,00	45,00	162,00	29,00	265,00
116	ABRIL	26	0,00	10,00	5,00	0,00	125,00	25,00	165,00
117	ABRIL	27	0,00	18,00	7,00	0,00	192,00	31,00	248,00
118	ABRIL	28	0,00	0,00	0,00	0,00	73,00	15,00	88,00
119	ABRIL	29	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	75,00
120	ABRIL	30	0,00	20,00	6,00	27,00	168,00	34,00	255,00
121	MAYO	1	0,00	25,00	9,00	0,00	188,00	38,00	260,00
122	MAYO	2	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	0,00	65,00
123	MAYO	3	0,00	10,00	4,00	0,00	176,00	25,00	215,00
124	MAYO	4	0,00	28,00	7,00	0,00	166,00	34,00	235,00
125	MAYO	5	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	15,00	95,00
126	MAYO	6	0,00	0,00	0,00	0,00	79,00	0,00	79,00
127	MAYO	7	0,00	10,00	6,00	0,00	161,00	21,00	198,00
128	MAYO	8	0,00	16,00	8,00	0,00	211,00	28,00	263,00
129	MAYO	9	0,00	8,00	5,00	0,00	173,00	22,00	208,00
130	MAYO	10	0,00	7,00	6,00	0,00	186,00	28,00	227,00
131	MAYO	11	0,00	12,00	7,00	0,00	129,00	20,00	168,00
132	MAYO	12	0,00	0,00	0,00	0,00	78,00	0,00	78,00
133	MAYO	13	0,00	0,00	0,00	0,00	42,00	0,00	42,00
134	MAYO	14	0,00	13,00	6,00	20,00	127,00	26,00	192,00
135	MAYO	15	0,00	20,00	9,00	0,00	145,00	31,00	205,00
136	MAYO	16	0,00	15,00	6,00	0,00	139,00	26,00	186,00
137	MAYO	17	0,00	26,00	12,00	0,00	163,00	33,00	234,00
138	MAYO	18	0,00	17,00	7,00	0,00	177,00	29,00	230,00
139	MAYO	19	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	75,00
140	MAYO	20	0,00	0,00	0,00	0,00	53,00	0,00	53,00
141	MAYO	21	0,00	10,00	13,00	0,00	144,00	25,00	192,00
142	MAYO	22	0,00	25,00	14,00	0,00	234,00	38,00	311,00
143	MAYO	23	0,00	18,00	10,00	0,00	149,00	30,00	207,00
144	MAYO	24	0,00	21,00	7,00	0,00	149,00	38,00	215,00
145	MAYO	25	0,00	16,00	5,00	0,00	179,00	25,00	225,00
146	MAYO	26	0,00	0,00	0,00	0,00	87,00	0,00	87,00
147	MAYO	27	0,00	0,00	0,00	0,00	60,00	0,00	60,00
148	MAYO	28	0,00	21,00	11,00	52,00	182,00	33,00	299,00
149	MAYO	29	0,00	7,00	6,00	0,00	114,00	19,00	146,00
150	MAYO	30	0,00	12,00	8,00	0,00	159,00	25,00	204,00
151	MAYO	31	0,00	17,00	12,00	0,00	165,00	31,00	225,00
152	JUNIO	1	0,00	10,00	7,00	0,00	150,00	23,00	190,00
153	JUNIO	2	0,00	0,00	0,00	0,00	78,00	0,00	78,00
154	JUNIO	3	0,00	0,00	0,00	0,00	53,00	0,00	53,00
155	JUNIO	4	0,00	8,00	5,00	0,00	155,00	28,00	196,00
156	JUNIO	5	0,00	21,00	6,00	27,00	174,00	34,00	262,00
157	JUNIO	6	0,00	15,00	4,00	0,00	110,00	27,00	156,00
158	JUNIO	7	0,00	18,00	10,00	0,00	160,00	29,00	217,00
159	JUNIO	8	0,00	20,00	8,00	0,00	186,00	33,00	247,00
160	JUNIO	9	0,00	0,00	0,00	0,00	78,00	0,00	78,00
161	JUNIO	10	0,00	0,00	0,00	0,00	45,00	0,00	45,00
162	JUNIO	11	0,00	12,00	7,00	0,00	182,00	24,00	225,00
163	JUNIO	12	0,00	17,00	4,00	0,00	152,00	31,00	204,00
164	JUNIO	13	0,00	24,00	12,00	0,00	138,00	38,00	212,00
165	JUNIO	14	0,00	19,00	7,00	0,00	174,00	34,00	234,00
166	JUNIO	15	0,00	11,00	4,00	0,00	154,00	28,00	197,00
167	JUNIO	16	0,00	0,00	0,00	0,00	41,00	0,00	41,00
168	JUNIO	17	0,00	0,00	0,00	0,00	35,00	0,00	35,00
169	JUNIO	18	0,00	16,00	5,00	0,00	142,00	24,00	187,00
170	JUNIO	19	0,00	12,00	7,00	0,00	161,00	30,00	210,00
171	JUNIO	20	0,00	10,00	4,00	0,00	187,00	25,00	226,00
172	JUNIO	21	0,00	21,00	12,00	0,00	149,00	34,00	216,00
173	JUNIO	22	0,00	29,00	5,00	0,00	171,00	38,00	243,00
174	JUNIO	23	0,00	0,00	0,00	0,00	85,00	0,00	85,00
175	JUNIO	24	0,00	0,00	0,00	0,00	63,00	0,00	63,00
176	JUNIO	25	0,00	17,00	12,00	0,00	168,00	29,00	226,00
177	JUNIO	26	0,00	21,00	9,00	0,00	166,00	36,00	232,00
178	JUNIO	27	0,00	26,00	7,00	0,00	186,00	32,00	251,00
179	JUNIO	28	0,00	15,00	4,00	0,00	144,00	24,00	187,00
180	JUNIO	29	0,00	22,00	8,00	0,00	178,00	34,00	242,00
181	JUNIO	30	0,00	0,00	0,00	0,00	68,00	0,00	68,00
182	JULIO	1	0,00	0,00	0,00	0,00	55,00	0,00	55,00
183	JULIO	2	0,00	12,00	10,00	0,00	146,00	24,00	192,00
184	JULIO	3	0,00	19,00	8,00	0,00	151,00	36,00	214,00
185	JULIO	4	0,00	27,00	14,00	0,00	246,00	38,00	325,00
186	JULIO	5	0,00	14,00	9,00	67,00	153,00	31,00	274,00
187	JULIO	6	0,00	11,00	5,00	0,00	112,00	27,00	155,00

188	JULIO	7	0,00	0,00	0,00	0,00	84,00	0,00	84,00
189	JULIO	8	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	75,00
190	JULIO	9	0,00	0,00	3,00	0,00	128,00	14,00	145,00
191	JULIO	10	0,00	17,00	8,00	0,00	163,00	29,00	217,00
192	JULIO	11	0,00	10,00	6,00	0,00	169,00	21,00	206,00
193	JULIO	12	0,00	15,00	4,00	0,00	180,00	26,00	225,00
194	JULIO	13	0,00	31,00	10,00	0,00	186,00	38,00	265,00
195	JULIO	14	0,00	0,00	0,00	0,00	60,00	0,00	60,00
196	JULIO	15	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	50,00
197	JULIO	16	0,00	16,00	5,00	0,00	149,00	27,00	197,00
198	JULIO	17	0,00	20,00	7,00	0,00	158,00	33,00	218,00
199	JULIO	18	0,00	23,00	4,00	0,00	175,00	30,00	232,00
200	JULIO	19	0,00	20,00	6,00	0,00	163,00	34,00	223,00
201	JULIO	20	0,00	28,00	8,00	0,00	190,00	39,00	265,00
202	JULIO	21	0,00	0,00	0,00	0,00	73,00	0,00	73,00
203	JULIO	22	0,00	0,00	0,00	0,00	56,00	0,00	56,00
204	JULIO	23	0,00	14,00	7,00	0,00	147,00	27,00	195,00
205	JULIO	24	0,00	21,00	10,00	0,00	179,00	32,00	242,00
206	JULIO	25	0,00	17,00	6,00	0,00	171,00	30,00	224,00
207	JULIO	26	0,00	25,00	8,00	0,00	201,00	41,00	275,00
208	JULIO	27	0,00	20,00	12,00	0,00	158,00	28,00	218,00
209	JULIO	28	0,00	0,00	0,00	0,00	94,00	0,00	94,00
210	JULIO	29	0,00	0,00	0,00	0,00	59,00	0,00	59,00
211	JULIO	30	0,00	10,00	4,00	0,00	138,00	18,00	170,00
212	JULIO	31	0,00	20,00	7,00	0,00	145,00	32,00	204,00
213	AGOSTO	1	0,00	29,00	10,00	9,00	211,00	42,00	301,00
214	AGOSTO	2	0,00	36,50	15,06	0,00	168,48	0,00	220,04
215	AGOSTO	3	0,00	17,00	10,00	0,00	133,00	25,00	185,00
216	AGOSTO	4	0,00	0,00	11,00	0,00	90,00	9,00	110,00
217	AGOSTO	5	0,00	26,00	0,00	0,00	80,00	20,00	126,00
218	AGOSTO	6	0,00	28,00	0,00	0,00	84,00	21,00	133,00
219	AGOSTO	7	0,00	21,00	9,00	0,00	166,00	36,00	232,00
220	AGOSTO	8	0,00	17,00	9,00	0,00	243,00	29,00	298,00
221	AGOSTO	9	0,00	26,00	0,00	0,00	137,00	20,00	183,00
222	AGOSTO	10	0,00	25,00	12,00	0,00	172,00	36,00	245,00
223	AGOSTO	11	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	75,00
224	AGOSTO	12	0,00	0,00	0,00	0,00	62,00	0,00	62,00
225	AGOSTO	13	0,00	31,00	0,00	0,00	159,00	27,00	217,00
226	AGOSTO	14	0,00	16,00	8,00	0,00	137,00	15,00	176,00
227	AGOSTO	15	0,00	27,00	13,00	21,00	185,00	33,00	279,00
228	AGOSTO	16	0,00	10,00	9,00	0,00	136,00	24,00	179,00
229	AGOSTO	17	0,00	18,00	8,00	0,00	143,00	19,00	188,00
230	AGOSTO	18	0,00	12,00	7,00	0,00	60,00	8,00	87,00
231	AGOSTO	19	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	0,00	65,00
232	AGOSTO	20	0,00	16,00	11,00	0,00	84,00	31,00	142,00
233	AGOSTO	21	0,00	21,00	8,00	0,00	170,00	42,00	241,00
234	AGOSTO	22	0,00	31,00	10,00	0,00	165,00	17,00	223,00
235	AGOSTO	23	0,00	12,00	5,00	0,00	146,00	10,00	173,00
236	AGOSTO	24	0,00	38,00	12,00	19,00	167,00	42,00	278,00
237	AGOSTO	25	0,00	0,00	0,00	0,00	81,00	0,00	81,00
238	AGOSTO	26	0,00	0,00	4,00	0,00	53,00	0,00	57,00
239	AGOSTO	27	0,00	25,00	8,00	0,00	112,00	33,00	178,00
240	AGOSTO	28	400,00	31,00	10,00	0,00	147,00	29,00	617,00
241	AGOSTO	29	0,00	18,00	14,00	0,00	136,00	24,00	192,00
242	AGOSTO	30	0,00	20,00	7,00	0,00	122,00	19,00	168,00
243	AGOSTO	31	0,00	17,00	5,00	0,00	116,00	15,00	153,00
244	SEPTIEMBRE	1	0,00	0,00	4,00	0,00	67,00	0,00	71,00
245	SEPTIEMBRE	2	0,00	0,00	0,00	0,00	51,00	0,00	51,00
246	SEPTIEMBRE	3	0,00	15,00	5,00	0,00	96,00	0,00	116,00
247	SEPTIEMBRE	4	0,00	24,00	14,00	0,00	181,00	35,00	254,00
248	SEPTIEMBRE	5	0,00	16,00	6,00	22,00	153,00	25,00	222,00
249	SEPTIEMBRE	6	0,00	26,00	0,00	11,00	164,00	30,00	231,00
250	SEPTIEMBRE	7	0,00	15,00	0,00	13,00	102,00	17,00	147,00
251	SEPTIEMBRE	8	0,00	0,00	0,00	0,00	67,00	0,00	67,00
252	SEPTIEMBRE	9	0,00	0,00	0,00	0,00	57,00	0,00	57,00
253	SEPTIEMBRE	10	0,00	27,00	9,00	0,00	149,00	34,00	219,00
254	SEPTIEMBRE	11	0,00	28,00	12,00	0,00	171,00	32,00	243,00
255	SEPTIEMBRE	12	400,00	19,00	10,00	35,00	158,00	27,00	649,00
256	SEPTIEMBRE	13	0,00	15,00	5,00	0,00	138,00	17,00	175,00
257	SEPTIEMBRE	14	0,00	20,00	13,00	0,00	141,00	25,00	199,00
258	SEPTIEMBRE	15	0,00	0,00	0,00	0,00	54,00	0,00	54,00
259	SEPTIEMBRE	16	0,00	0,00	3,00	0,00	40,00	0,00	43,00
260	SEPTIEMBRE	17	0,00	0,00	0,00	0,00	47,00	0,00	47,00
261	SEPTIEMBRE	18	0,00	27,00	15,00	0,00	185,00	23,00	250,00
262	SEPTIEMBRE	19	0,00	16,00	10,00	0,00	203,00	28,00	257,00
263	SEPTIEMBRE	20	0,00	20,00	8,00	15,00	197,00	22,00	262,00
264	SEPTIEMBRE	21	0,00	21,00	12,00	0,00	181,00	19,00	233,00
265	SEPTIEMBRE	22	0,00	0,00	4,00	0,00	74,00	0,00	78,00
266	SEPTIEMBRE	23	0,00	0,00	0,00	0,00	61,00	0,00	61,00
267	SEPTIEMBRE	24	0,00	24,00	14,00	0,00	141,00	34,00	213,00
268	SEPTIEMBRE	25	0,00	19,00	7,00	0,00	153,00	26,00	205,00
269	SEPTIEMBRE	26	0,00	17,00	12,00	0,00	159,00	21,00	209,00
270	SEPTIEMBRE	27	0,00	23,00	10,00	0,00	179,00	27,00	239,00
271	SEPTIEMBRE	28	0,00	19,00	7,00	0,00	187,00	21,00	234,00
272	SEPTIEMBRE	29	0,00	0,00	0,00	0,00	63,00	0,00	63,00
273	SEPTIEMBRE	30	0,00	0,00	0,00	0,00	51,00	0,00	51,00
274	OCTUBRE	1	0,00	22,00	8,00	0,00	161,00	18,00	209,00
275	OCTUBRE	2	0,00	6,00	24,00	0,00	112,00	13,00	155,00
276	OCTUBRE	3	0,00	21,00	5,00	0,00	167,00	28,00	221,00
277	OCTUBRE	4	0,00	18,00	12,00	0,00	184,00	26,00	240,00
278	OCTUBRE	5	0,00	27,00	10,00	0,00	191,00	35,00	263,00
279	OCTUBRE	6	0,00	0,00	0,00	0,00	74,00	0,00	74,00
280	OCTUBRE	7	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	0,00	65,00
281	OCTUBRE	8	0,00	19,00	14,00	0,00	210,00	28,00	271,00
282	OCTUBRE	9	0,00	23,00	7,00	0,00	195,00	25,00	250,00
283	OCTUBRE	10	0,00	24,00	12,00	0,00	189,00	27,00	252,00
284	OCTUBRE	11	0,00	19,00	16,00	0,00	169,00	23,00	227,00
285	OCTUBRE	12	0,00	16,00	8,00	0,00	143,00	18,00	185,00

286	OCTUBRE	13	0.00	0.00	0.00	0.00	73.00	0.00	73.00
287	OCTUBRE	14	0.00	0.00	0.00	0.00	61.00	0.00	61.00
288	OCTUBRE	15	0.00	17.00	10.00	0.00	172.00	19.00	218.00
289	OCTUBRE	16	0.00	19.00	7.00	0.00	164.00	21.00	211.00
290	OCTUBRE	17	0.00	21.00	15.00	20.00	193.00	25.00	274.00
291	OCTUBRE	18	0.00	18.00	8.00	0.00	161.00	20.00	207.00
292	OCTUBRE	19	0.00	16.00	7.00	0.00	158.00	18.00	199.00
293	OCTUBRE	20	0.00	0.00	0.00	0.00	63.00	0.00	63.00
294	OCTUBRE	21	0.00	0.00	0.00	0.00	69.00	0.00	69.00
295	OCTUBRE	22	0.00	19.00	10.00	0.00	171.00	24.00	224.00
296	OCTUBRE	23	0.00	23.00	13.00	0.00	168.00	18.00	222.00
297	OCTUBRE	24	0.00	21.00	10.00	0.00	179.00	26.00	236.00
298	OCTUBRE	25	0.00	25.00	15.00	0.00	197.00	28.00	265.00
299	OCTUBRE	26	0.00	15.00	5.00	14.00	134.00	17.00	185.00
300	OCTUBRE	27	0.00	0.00	0.00	0.00	71.00	0.00	71.00
301	OCTUBRE	28	0.00	0.00	0.00	0.00	66.00	0.00	66.00
302	OCTUBRE	29	0.00	24.00	16.00	0.00	199.00	28.00	267.00
303	OCTUBRE	30	0.00	19.00	13.00	10.00	183.00	24.00	249.00
304	OCTUBRE	31	0.00	27.00	14.00	0.00	231.00	29.00	301.00
305	NOVIEMBRE	1	0.00	22.00	11.00	0.00	174.00	23.00	230.00
306	NOVIEMBRE	2	0.00	19.00	9.00	0.00	179.00	21.00	228.00
307	NOVIEMBRE	3	0.00	0.00	0.00	0.00	73.00	0.00	73.00
308	NOVIEMBRE	4	0.00	0.00	0.00	0.00	68.00	0.00	68.00
309	NOVIEMBRE	5	0.00	20.00	16.00	0.00	185.00	18.00	239.00
310	NOVIEMBRE	6	0.00	18.00	12.00	4.00	173.00	24.00	231.00
311	NOVIEMBRE	7	0.00	23.00	14.00	0.00	203.00	27.00	267.00
312	NOVIEMBRE	8	0.00	32.00	10.00	0.00	235.00	29.00	306.00
313	NOVIEMBRE	9	0.00	17.00	7.00	0.00	177.00	19.00	220.00
314	NOVIEMBRE	10	0.00	0.00	0.00	0.00	85.00	0.00	85.00
315	NOVIEMBRE	11	0.00	0.00	0.00	0.00	77.00	0.00	77.00
316	NOVIEMBRE	12	0.00	21.00	15.00	0.00	184.00	22.00	242.00
317	NOVIEMBRE	13	0.00	24.00	13.00	0.00	169.00	17.00	223.00
318	NOVIEMBRE	14	0.00	22.00	8.00	0.00	179.00	19.00	228.00
319	NOVIEMBRE	15	0.00	22.00	10.00	0.00	182.00	18.00	232.00
320	NOVIEMBRE	16	0.00	25.00	12.00	0.00	193.00	28.00	258.00
321	NOVIEMBRE	17	0.00	0.00	0.00	0.00	64.00	0.00	64.00
322	NOVIEMBRE	18	0.00	0.00	0.00	0.00	57.00	0.00	57.00
323	NOVIEMBRE	19	0.00	0.00	0.00	0.00	45.00	0.00	45.00
324	NOVIEMBRE	20	0.00	19.00	12.00	0.00	175.00	23.00	229.00
325	NOVIEMBRE	21	0.00	15.00	13.00	0.00	197.00	37.00	262.00
326	NOVIEMBRE	22	0.00	0.00	0.00	0.00	127.00	0.00	127.00
327	NOVIEMBRE	23	0.00	37.00	17.00	0.00	204.00	32.00	290.00
328	NOVIEMBRE	24	0.00	0.00	0.00	0.00	85.00	0.00	85.00
329	NOVIEMBRE	25	0.00	0.00	0.00	0.00	79.00	0.00	79.00
330	NOVIEMBRE	26	0.00	21.00	14.00	49.00	187.00	27.00	298.00
331	NOVIEMBRE	27	0.00	26.00	10.00	0.00	175.00	25.00	236.00
332	NOVIEMBRE	28	0.00	35.00	12.00	0.00	191.00	31.00	269.00
333	NOVIEMBRE	29	0.00	31.00	8.00	0.00	179.00	29.00	247.00
334	NOVIEMBRE	30	0.00	21.00	11.00	0.00	181.00	24.00	237.00
335	DICIEMBRE	1	0.00	0.00	0.00	0.00	74.00	0.00	74.00
336	DICIEMBRE	2	0.00	0.00	4.00	0.00	57.00	0.00	61.00
337	DICIEMBRE	3	0.00	19.00	11.00	4.00	165.00	33.00	232.00
338	DICIEMBRE	4	0.00	23.00	7.00	9.00	185.00	26.00	243.00
339	DICIEMBRE	5	0.00	16.00	0.00	0.00	159.00	17.00	199.00
340	DICIEMBRE	6	0.00	17.00	5.00	0.00	108.00	19.00	149.00
341	DICIEMBRE	7	0.00	27.00	0.00	0.00	177.00	30.00	234.00
342	DICIEMBRE	8	0.00	0.00	0.00	0.00	77.00	0.00	77.00
343	DICIEMBRE	9	0.00	0.00	0.00	0.00	69.00	0.00	69.00
344	DICIEMBRE	10	0.00	25.00	10.00	0.00	189.00	27.00	251.00
345	DICIEMBRE	11	0.00	24.00	8.00	22.00	155.00	18.00	227.00
346	DICIEMBRE	12	0.00	15.00	0.00	0.00	83.00	20.00	118.00
347	DICIEMBRE	13	0.00	28.00	13.00	0.00	194.00	31.00	266.00
348	DICIEMBRE	14	0.00	33.00	14.00	0.00	187.00	29.00	263.00
349	DICIEMBRE	15	0.00	0.00	0.00	0.00	84.00	0.00	84.00
350	DICIEMBRE	16	0.00	0.00	0.00	0.00	73.00	0.00	73.00
351	DICIEMBRE	17	0.00	17.00	10.00	0.00	138.00	23.00	188.00
352	DICIEMBRE	18	0.00	26.00	15.00	10.00	210.00	28.00	289.00
353	DICIEMBRE	19	0.00	25.00	16.00	0.00	185.00	31.00	257.00
354	DICIEMBRE	20	0.00	14.00	10.00	0.00	64.00	17.00	105.00
355	DICIEMBRE	21	0.00	29.00	12.00	0.00	183.00	27.00	251.00
356	DICIEMBRE	22	0.00	0.00	0.00	0.00	47.00	0.00	47.00
357	DICIEMBRE	23	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	0.00	26.00
358	DICIEMBRE	24	0.00	22.00	12.00	0.00	181.00	34.00	249.00
359	DICIEMBRE	25	0.00	13.00	5.00	0.00	112.00	17.00	147.00
360	DICIEMBRE	26	0.00	0.00	0.00	0.00	73.00	0.00	73.00
361	DICIEMBRE	27	0.00	0.00	0.00	0.00	91.00	0.00	91.00
362	DICIEMBRE	28	0.00	24.00	9.00	0.00	193.00	28.00	254.00
363	DICIEMBRE	29	0.00	0.00	0.00	0.00	67.00	0.00	67.00
364	DICIEMBRE	30	0.00	0.00	0.00	0.00	74.00	0.00	74.00
365	DICIEMBRE	31	0.00	13.00	7.00	0.00	108.00	16.00	144.00

MAXIMO		400.00	38.00	24.00	67.00	270.00	42.00	649.00
MINIMO		0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00
PROMEDIO		4.05	12.66	5.88	2.30	126.77	18.85	170.52

RECOLECCIONES	MES		LIQUIDOS	CULTIVOS Y CEPAS	PUNZOCORTANTES	RESIDUOS PATOLOGICOS	RESIDUOS NO ANATOMICOS	SANGRE	TOTAL	COSTO POR KILO	SUBTOTAL	IVA	COSTO TOTAL
31	ENERO		340.00	286.00	155.00	92.50	2971.00	522.00	4366.50	\$10.90	\$47,594.85	\$7,615.18	\$55,210.03
28	FEBRERO		340.00	286.00	130.00	134.00	3005.00	531.00	4448.00	\$10.90	\$48,483.20	\$7,757.31	\$57,253.78
31	MARZO		0.00	306.00	157.00	40.75	3387.30	650.00	4646.05	\$11.40	\$52,964.97	\$8,474.40	\$61,439.37
30	ABRIL		0.00	337.00	163.00	118.00	3881.00	658.00	5157.00	\$11.40	\$58,789.80	\$9,406.37	\$68,196.17
31	MAYO		0.00	354.00	178.00	72.00	4235.00	640.00	5479.00	\$11.40	\$62,460.60	\$9,993.70	\$72,454.30
30	JUNIO		0.00	364.00	147.00	27.00	3933.00	635.00	5106.00	\$11.40	\$58,208.40	\$9,313.34	\$67,521.74
31	JULIO		0.00	390.00	161.00	67.00	4214.00	655.00	5487.00	\$11.40	\$62,551.80	\$10,008.29	\$72,560.09
31	AGOSTO		400.00	568.50	215.06	49.00	4005.48	626.00	5864.04	\$11.40	\$66,850.06	\$10,696.01	\$77,546.06
30	SEPTIEMBRE		400.00	391.00	180.00	96.00	3670.00	463.00	5200.00	\$11.40	\$59,280.00	\$9,484.80	\$68,764.80
31	OCTUBRE		0.00	459.00	259.00	44.00	4573.00	538.00	5873.00	\$11.40	\$66,952.20	\$10,712.35	\$77,664.55
30	NOVIEMBRE		0.00	470.00	234.00	53.00	4482.00	493.00	5732.00	\$11.40	\$65,344.80	\$10,455.17	\$75,799.97
31	DICIEMBRE		0.00	410.00	152.00	45.00	3788.00	471.00	4882.00	\$11.40	\$55,654.80	\$8,904.77	\$64,559.57

SUBTOTAL			1,480.00	4,621.50	2,131.06	838.25	46,144.78	6,882.00	62,240.59		\$705,135.48	\$112,821.68	\$818,970.42
PROMEDIO			123.33	385.13	177.59	69.85	3,845.40	573.50	5,186.72		\$58,761.29	\$9,401.81	\$68,247.54
MAXIMO			400.00	568.50	259.00	134.00	4573.00	658.00	5873.00		\$66,952.20	\$10,712.35	\$77,664.55
MINIMO			0.00	286.00	130.00	27.00	2971.00	463.00	4366.50		\$47,594.85	\$7,615.18	\$55,210.03
PROMEDIO			123.33	385.13	177.59	69.85	3845.40	573.50	5186.72		\$58,761.29	\$9,401.81	\$68,247.54

Producción de Biogás.

Diseño, selección, construcción y operación de una planta de biogás en el C.M.N. 20 de Noviembre.

DISEÑO, SELECCIÓN, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOGÁS EN EL
C.M.N. 20 DE NOVIEMBRE, D.F.

TEORICO

1 DATOS

Densidad residuos orgánicos	300			
Producción de Residuos (ton/día) (M)				
	Residuos organicos [m3] día	residuos organicos [ton] día	m3/año	ton/año
MAXIMO	3.68	1.10	1,344.00	403.20
MINIMO	2.04	0.61	744.00	223.20
PROMEDIO	2.75	0.83	1,005.00	301.50

Producción de Residuos (ton/año) (M)				
	Residuos organicos [m3] año	residuos organicos [ton] año	m3/año	ton/año
MAXIMO	1,344.00	403.20	1,344.00	403.20
MINIMO	744.00	223.20	744.00	223.20
PROMEDIO	1,005.00	301.50	1,005.00	301.50

Materia Seca (DM)	Desechos vegetales	
MAXIMO	20%	
MINIMO	10%	

Materia orgánica seca en la materia prima (OM/DM)	Desechos vegetales	
MAXIMO	85%	
MINIMO	60%	

Producción máxima específica de biogás (OM)	Desechos vegetales	
	m3/kg de OM	
MAXIMO	0.90	
MINIMO	0.60	

2 DIMENSIONAMIENTO DEL DIGESTOR = (DESECHO M3/AÑO) + COSUSTRATO M3/AÑO) (TRH/365)

TRH	30	días	Digestion mesofílica				
	Minima	Máxima	Promedio	A	B	C	
Volumen	61.15	110.47	82.60	5.5	6	5	165

3 VOLUMEN DE LODO DIGERIDO = (SUSTRATO ENTRANTE M3/AÑO) * (TIEMPO DE ALMAC. /12) - (VOLUMEN DIGESTOR M3)

TRH	30	días	Digestion mesofílica	
	Minima	Máxima	Promedio	
Volumen (m3)	0.85	1.53	1.15	

4 CÁLCULO PRODUCCIÓN DE BIOGÁS (Epb) = M*DM*(OM/DM)*OM*1000

Constante	1000
Densidad biogás	1.2

Sustrato			
	Minima	Máxima	Promedio
Producción estimada anual (m3)	8,035.20	61,689.60	46,129.50
Producción diaria (m3)	22.01	169.01	126.38
Producción hora (m3)	0.92	7.04	5.27

5 ALMACENAMIENTO DE BIOGÁS = (Epb /m3/día) x 20%

Porcentaje	20%		
	Minima	Máxima	Promedio
Volumen (m3)	4.40	33.80	25.28

6 DIAMETRO DEL DIGESTOR = (2)(V(volumen digestor /(altura digestor *3.14))

Altura	5	m	
	Minima	Máxima	Promedio
Diametro (m)	3.95	5.30	4.59

7 CAPACIDAD CHP = (PROD. BIOGAS M3/AÑO)(VALOR CAL. BIOGAS MJ/M3/3.6) / (HORAS AÑO DE OPERACIÓN) (EFICIENCIA ELECTRICA)

Valor calorífico del biogás	20.00	MJ/m3	
Horas de operación	8,640	horas/año	
Eficiencia eléctrica	60%		
	Minima	Máxima	Promedio
CHP (kWe)	8.61	66.11	49.44

Nota:

Qb puede ser calculado = (contenido del metano en el biogás* 34). El valor promedio es de 20 MJ/m3.

8 CAPACIDAD TÉRMICA = (CAPACIDAD CHP / EFICIENCIA ELÉCTRICA) * (EFICIENCIA TÉRMICA)

Eficiencia térmica	50%		
	Mínima	Máxima	Promedio
CHP (kWth)	7.18	55.09	41.20

Nota:

El promedio de la Unidad CHP para digestores en eficiencia térmica es cerca del 50%

9 MATERIAL DE AISLAMIENTO = (ALTURA DIGESTOR)/(DIÁMETRO)(PI)

Esesor	0.060		
	Mínima	Máxima	Promedio
Área de aislamiento de la pared (m2)	69.16	530.97	397.04
Volumen de aislamiento de la pared (m3)	4.15	31.86	23.82

Nota:

En algunos casos la campana de recolección de biogás puede ser aislada . (Área de la campana = (Diámetro digestor 2) (0.785)

	Mínima	Máxima	Promedio
Área de aislamiento de la campana (m2)	3.10	4.16	3.60
Volumen de aislamiento de la campana (m3)	0.19	0.25	0.22

10 DEMANDA DE CALOR DEL DIGESTOR (DC) = MS*CE*DFF*130%

Masa del sustrato min	223	ton/año
Masa del sustrato max	403	ton/año
Calor específico	4.20	kJ/kg/K
Temperatura del digestor (mesofílico)	35	grados
Temperatura del sustrato	15	grados
DFF = (temp dig -temp sust)	20	grados
Constante	130%	

Nota:

En general el calor específico del sustrato es igual a la del agua (4.2 kJ/kg/K)

	Mínima	Máxima	Promedio
Demanda de Calor (MJ/año)	24,373.44	44,029.44	204,167.90
Demanda de Calor (GJ/año)	24.37	44.03	204.17

11 CALOR RESIDUAL

Producción de calor del CHP (GJ) = Salida térmica del CHP (kWth) * Horas de operación de CHP

Calor residual (GJ) = Producción de calor de CHP (GJ) - Demanda de calor del digestor (GJ)

Producción de calor min	223	JG	
Producción de calor max	1,714	JG	
	Mínima	Máxima	Promedio
Calor residual (GJ)	198.83	1,669.57	1,509.43

12 LINEAS DE CONDUCCIÓN

	Diámetro	Diámetro
Línea de conducción	42.4 mm	-

*Tomado de tabla dependiendo de la salida térmica de la unidad CHP

12 BOMBA DE DESECHO

	Mínima	Máxima
Potencia (kW)	0	3

Nota:

El tipo y potencia depende de la cantidad de materia seca o sólido de desecho y la altura a la que será bombeada. Ejemplo: Un digestor de 460 m3 recibe tres veces en un día, 5m3 de desecho en un tiempo de trabajo de una hora. El contenido de materia seca es de 7 a 10 %.

12 MEZCLADOR

	Mínima	Máxima
Potencia (kW)	0	0

Nota:

*El tipo y medida de mezclador depende grandemente del contenido de materia seca en el digestor y las Ejemplo: Un digestor de 460 m3 con un contenido de materia seca de 7%. Un mezclador de 7.5 kW es suficiente. Si el contenido de materia seca incrementa a 10 %, el mezclador necesario sería de 11 kW.

13 SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE

Consumo de combustible caldera	339	m3/h
Producción de calor caldera	6,784	MJ/h

	Mínima	Máxima
Calor Producido gas obtenido (MJ/día)	440	3,380
Calor Producido gas obtenido (MJ/hora)	18	141

0.27%

2.08%

DISEÑO, SELECCIÓN, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE BIOGÁS EN EL C.M.N. 20 DE NOVIEMBRE, D.F.

EXPERIMENTAL

1 DATOS

	litros	Densidad	Unidades		1 litro de basura =
Volumen reactor				0.06	
Agua	3.05	5.17	Kg	0.15	
Residuos Orgánicos	2.45	1.25	Kg	Volumen 1 lt	0.00169646 m3
Excremento	1.05	2.14	Kg	Peso 1 lt basura	0.50893801 kg
		Total	1.25	Peso 1 lt excremento	2.03575204 kg
Litros producidos		3.00	l gas/día	Peso 1 lt agua	1.696460033 kg
		0.18	kg/día		
		0.15	m3/día		

Densidad biogas	1.2	kg/m3
1)	0.05995556	kg
Densidad agua	1000	kg/m3
Densidad residuos orgánicos	300	kg/m3
Densidad estiércol de puerco	1200	kg/m3

Producción de Residuos (ton/día) (M)	
--------------------------------------	--

Producción de Residuos (ton/año) (M)	Residuos organicos [m3] año	Residuos organicos [kg] año	m3/año	kg/año
MAXIMO	1,344.00	403,200.00	1,344.00	403,200.00
MINIMO	744.00	223,200.00	744.00	223,200.00
PROMEDIO	1,005.00	301,500.00	1,005.00	301,500.00

Producción de Biogás	Producción de biogás anual	Producción de biogás diario	Producción de biogás hora
MAXIMO	60,435.20	165.58	6.90
MINIMO	33,455.20	91.66	3.82
PRODUCCIÓN REAL ANUAL	45,191.50	123.81	5.16
	5,036.27		
	2,787.93	3,765.96	

2 DIMENSIONAMIENTO DEL DIGESTOR = (DESECHO M3/AÑO) + COSUSTRATO M3/AÑO) (TRH/365)

TRH	30	días	Digestion mesofílica
Volumen	Minima	Máxima	Promedio
	78.88	110.47	82.60

A	B	C	
7	6	4	3

3 VOLUMEN DE LODO DIGERIDO = [SUSTRATO ENTRANTE M3/AÑO] * (TIEMPO DE ALMAC. /12) - (VOLUMEN DIGESTOR M3)

TRH	30	días	Digestion mesofílica
Volumen (m3)	Minima	Máxima	Promedio
	-16.88	1.53	1.15

4 CALCULO PRODUCCIÓN DE BIOGÁS (Epb) = M*DM*(OM/DM)*OM*1000

Constante	1000		
Densidad biogás	1.2		
Producción real (m3)	Minima	Máxima	Promedio
	33,455.20	60,435.20	45,191.50
Producción diaria (m3)	91.66	165.58	123.81
Producción hora (m3)	3.82	6.90	5.16

5 ALMACENAMIENTO DE BIOGÁS = [Epb /m3/día] x 20%

Porcentaje	20%		
Volumen (m3)	Minima	Máxima	Promedio
	15.78	33.12	24.76

6 DIAMETRO DEL DIGESTOR = [2]√[volumen digestor / (altura digestor *3.14)]

Altura	5	m	
Diametro (m)	Minima	Máxima	Promedio
	4.48	5.30	4.59

7 CAPACIDAD CHP = (PROD. BIOGAS M3/AÑO)(VALOR CAL. BIOGAS MJ/M3/3.6) / (HORAS AÑO DE OPERACIÓN) (EFICIENCIA ELECTRICA)

Valor calorífico del biogás	20.00	MJ/m3	
Horas de operación	8,640	horas/año	
Eficiencia eléctrica	60%		
CHP (kWe)	Minima	Máxima	Promedio
	35.85	64.77	48.43

Nota:
Qb puede ser calculado = (contenido del metano en el biogás * 34). El valor promedio es de 20 MJ/m3.

8 ENTRADA TÉRMICA = (CAPACIDAD CHP / EFICIENCIA ELECTRICA) * (EFICIENCIA TÉRMICA)

Eficiencia térmica	50%		
CHP (kWth)	Minima	Máxima	Promedio
	29.88	53.97	40.36

Nota:
El promedio de la Unidad CHP para digestores en granjas en eficiencia térmica es cerca del 50%

9 MATERIAL DE AISLAMIENTO = (ALTURA DIGESTOR)(DIAMETRO)(PI)

Espesor	0.060		
Área de aislamiento de la pared (m2)	Minima	Máxima	Promedio
	198.26	416.14	416.14
Volumen de aislamiento de la pared (m3)	11.90	24.97	24.97

Nota:
En algunos casos la campana de recolección de biogás puede ser aislada . (Área de la campana = (Diametro digestor 2) (0.785)

	Minima	Máxima
--	--------	--------

Área de aislamiento de la campana (m2)	3.52	4.16
Volumen de aislamiento de la campana (m3)	0.21	0.25

10 DEMANDA DE CALOR DEL DIGESTOR (DC) = MS*CE*DFF*130%

Masa del sustrato min	223200	ton/año
Masa del sustrato max	403200	ton/año
Calor específico	4.20	kJ/kg/K
Temperatura del digestor (mesofílico)	35	grados
Temperatura del sustrato	15	grados
DFF = (temp dig - temp sust)	20	grados
Constante	130%	

Nota:

En general el calor específico del sustrato es igual a la del agua (4.2 kJ/kg/K)

	Mínima	Máxima	Promedio
Demanda de Calor (MJ/año)	24,373,440.00	44,029,440.00	44,029,440.00
Demanda de Calor (GJ/año)	24,373.44	44,029.44	44,029.44

11 CALOR RESIDUAL

Producción de calor del CHP (GJ) = Salida térmica del CHP (kWth) * Horas de operación de CHP

Calor residual (GJ) = Producción de calor de CHP (GJ) - Demanda de calor del digestor (GJ)

Producción de calor min	929	JG
Producción de calor max	1,679	JG

	Mínima	Máxima	Promedio
Calor residual (GJ)	-23,444,12889	-42,350,68444	-42,350,68444

12 LINEAS DE CONDUCCIÓN

	Diametro	Diametro
Línea de conducción	42.4 mm	-

*Tomado de tabla dependiendo de la salida térmica de la unidad CHP

12 BOMBA DE DESECHO

	Mínima	Máxima
Potencia (kW)	0	3

Nota:

El tipo y potencia depende de la cantidad de materia seca o sólido de desecho y la altura a la que será bombeada.

Ejemplo: Un digestor de 460 m3 recibe tres veces en un día, 5m3 de desecho en un tiempo de trabajo de una hora. El contenido de materia seca es de 7 a 10 %.

12 MEZCLADOR

	Mínima	Máxima
Potencia (kW)	0	0

Nota:

*El tipo y medida de mezclador depende grandemente del contenido de materia seca en el digestor y las dimensiones del digestor. La

Ejemplo: Un digestor de 460 m3 con un contenido de materia seca de 7%. Un mezclador de 7.5 kW es suficiente. Si el contenido de materia seca incrementa a 10 %, el mezclador necesario sería de 11 kW.

13 SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE

Consumo de combustible caldera	339	m3/h
Producción de calor caldera	6,784	MJ/h

	Mínima	Máxima
Calor Producido gas obtenido (MJ/día)	1,833	3,312
Calor Producido gas obtenido (MJ/hora)	76	138

1.13%

2.03%

TABLA DE COMPARACIÓN

	Residuos organicos [m3] año	Residuos organicos [ton] año	m3/año	ton/año
MAXIMO	1,344.00	403.20	1,344.00	403.20
MINIMO	744.00	223.20	744.00	223.20
PROMEDIO	1,005.00	301.50	1,005.00	301.50
	CONCEPTO	TEÓRICO	EXPERIMENTAL	Unidades
	PRODUCCIÓN BIOGÁS ANUAL	46,129.50	45,191.50	m3
	PRODUCCIÓN BIOGÁS DIARIA	126.38	123.81	m3
	PRODUCCIÓN BIOGÁS HORA	5.27	5.16	m3
	CAPACIDAD ELÉCTRICA (CHP)	49.44	6.00	kWe
	CAPACIDAD TÉRMICA (CHP)	41.20	40.36	kWth



ANEXO 12

Análisis termodinámico
Asesor: Ing. Enrique Morales

1.1 Diseño y análisis del sistema de cogeneración.

Para el sistema de cogeneración propuesto se contempló el proceso para definir el abasto de energía eléctrica total y un porcentaje de la energía térmica requerida en el C.M.N. 20 de Noviembre.

Aun cuando la cogeneración debe ser evaluada como parte de un plan de administración de energía su principal prerequisite es que la planta presente una demanda significativa y concurrente de calor y energía eléctrica. (Universidad Autónoma de Occidente)

Existen diversos sistemas de cogeneración según el tipo de máquinas térmicas y combustibles que se empleen; así hay sistemas de cogeneración basados en ciclo con turbina de gas, ciclo con motor de combustión alternativo de gas, ciclo con turbina de vapor, ciclo combinado y otros. En este proyecto analizaremos la producción que nos otorga un motor de combustión interna (MCI).

1.1.1 Generación de energía eléctrica

Se analizará la cobertura total de energía eléctrica pero sin llegar a cubrir el 100% de la energía térmica necesaria en el hospital, sin embargo, dadas las

características del MCI se podrá cubrir una cierta parte, lo cual investigaremos de acuerdo a la siguiente metodología:

Para determinar la capacidad del motor que podrá abastecer la energía eléctrica al hospital se determinará la potencia promedio en el hospital, para esto se recurrirá al análisis de facturación eléctrica para obtener la demanda promedio como sigue:

$$Demanda\ prom. = \frac{\text{consumo elect. prom/mensual}}{\text{tiempo(horas al mes)}} = kW$$

Con lo que sustituyendo valores, tendremos lo siguiente:

$$Demanda\ promedio = \frac{545\ 959\ kWh}{720\ hrs} = 758.27\ Kw$$

Es así como determinamos que la demanda promedio del CMN 20 de Noviembre es de 758.27 kW, ahora, debido a que existen pérdidas de fricción, ya que la eficiencia del motor tiene una pérdida del 0.70% por cada 100 metros por encima de los 1500 m.s.n.m, tenemos que calcular estas pérdidas para incrementarlas a la potencia final, para ello, hacemos los cálculos correspondientes y derivamos que como el hospital se encuentra en la ciudad de México y aquí se tiene una altitud de 2300 m.s.n.m., entonces tenemos 800 metros arriba de los 1500 según lo establecido, es por ello que se tienen pérdidas del 5.6 %.

Haciendo las correctas proporciones, se declara que el 5.6% de la demanda promedio del hospital corresponde a 42.47 kW, con esta cifra podemos concluir que la potencia necesaria en el motor para cubrir la demanda del hospital es de 800.73 kW, por lo que se tendrá que hacer la selección de un motor que cubra esta demanda. La parte eléctrica es cubierta con un MCI en el orden de los 800 kW de potencia, por consiguiente tenemos que determinar qué porcentaje de energía térmica se podrá sustituir.

Para ello utilizaremos las siguientes formulas:

$$1. Q_g = m_g C_{pg}(T_g - T_{ab})$$

Dónde:

Q_g = Calor de gases del motor (kW)

m_g = Flujo de gases ($\frac{kg}{seg}$)

C_{pg} = Calor específico de los gases ($\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$)

T_g = Temperatura de gases ($^\circ C$)

T_{ab} = Temperatura ambiente ($^\circ C$)

De la fórmula para obtener la eficiencia de la caldera:

$$2.0 \eta_{caldera} = \frac{Q_\mu}{Q_g}$$

Dónde:

$\eta_{caldera}$ = Eficiencia de la caldera = 0.75

Q_μ = Calor util (kW)

Q_g = Calor de gases (kW)

Despegamos calor de los gases:

$$2.1 Q_g = \frac{Q_\mu}{\eta_{caldera}}$$

Ahora, para obtener el flujo de vapor utilizaremos la siguiente fórmula:

$$3.0 mv = \frac{Q_\mu}{(h_2 - h_1)}$$

Dónde:

mv = Flujo de vapor ($\frac{kg}{seg}$)

Q_μ = Calor util (kW)

h_1 = Entalpía Especifica del Agua Saturada ($\frac{kJ}{kg}$)

h_2 = Entalpía Especifica del Vapor Saturado ($\frac{kJ}{kg}$)

$$3.1 Q_\mu = mv (h_2 - h_1)$$

Al hacer la igualdad de la fórmula 1 y 3.1, sustituyendo calor de los gases en la fórmula de eficiencia de la caldera, donde despejamos la variable del flujo de vapor:

$$m_g C_{pg}(T_g - T_{ab}) = \frac{mv (h_2 - h_1)}{\eta_{caldera}}$$

Despejamos calor útil:

Al despejar la variable mv , tenemos:

$$mv = \frac{m_g C_{pg}(T_g - T_{ab})(\eta_{caldera})}{(h_2 - h_1)}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$mv = \frac{4,494 \frac{kg}{hr} (1.0 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C})(390^\circ C - 20^\circ C)(0.75)}{(2,768.37 \frac{kJ}{kg} - 209.3 \frac{kJ}{kg})}$$

$$mv = \frac{1.2483 \frac{kg \cdot kJ}{seg \cdot ^\circ C} (370^\circ C)(0.75)}{(2,559.07 \frac{kJ}{kg})}$$

$$mv = \frac{346.41 \frac{kg}{seg}}{(2,559.07)}$$

$$mv = 0.1353 \frac{kg}{seg}$$

Convertido el flujo de vapor en horas, el resultado es el siguiente:

$$mv = 487.39 \frac{kg}{hr}$$

Al tener el valor del flujo de vapor, se tendrá que definir qué porcentaje se cubrirá de vapor y determinar el combustible necesario para la operación del motor.

Para esto, recurrimos a calcular cual es el flujo de vapor actual que nos otorgan las calderas en funcionamiento del hospital durante las 720 horas que tiene un mes.

Aplicando la ecuación 2.0, para calcular la eficiencia de la caldera tenemos:

$$\text{Eficiencia de la caldera} = \frac{\text{Calor que sale con el vapor producido}}{\text{Calor suministrado por el combustible}}$$

Donde el calor suministrado por el combustible será igual a:

$$Q_{\text{suministrado}} = Q_{\text{sum diesel}}$$

Para esto el calor suministrado se calcula con base a la cantidad de combustible suministrado del diesel (m) y su poder calorífico (PC):

$$Q_{\text{suministrado}} = m PC$$

Contemplando que en promedio se consumen 96,250.00 lts mensuales.

Sustituyendo valores, se tiene:

$$Q_{\text{suministrado}} = (96,250 \text{ lts}) 34.97 \frac{MJ}{\text{lts}}$$
$$Q_{\text{suministrado}} = 3,365,862.5 \text{ MJ} = 3,365,862,500 \text{ KJ}$$

La potencia P en watts (W) es igual a la energía E en joules (J), dividido por el período de tiempo (t) en segundos (s):

$$P (w) = \frac{E (J)}{t (s)}$$

sustituyendo:

$$P = \frac{3,365,862,500 \text{ KJ}}{2,592,000 \text{ seg}}$$
$$P = 1298.55 \text{ kW}_t$$

Regresando a la fórmula de la eficiencia de la caldera:

$$\eta_{\text{caldera}} = \frac{Q_{\mu}}{Q_{\text{sum}}}$$

Dónde:

Q_{sum} = Calor suministrado por el combustible en el hospital.

Q_{μ} = Calor que sale con el vapor producido

$\eta_{caldera}$ = Eficiencia de la caldera

Despejamos calor util:

$$Q_{\mu} = \eta_{caldera} Q_{sum\ total\ hosp.}$$

E igualando con la siguiente formula:

$$Q_{\mu} = mv (h_2 - h_1)$$

Dónde:

mv = Flujo de vapor ($\frac{Kg}{seg}$)

Q_{μ} = Calor util (kW)

h_1 = Entalpía Específica del Agua Saturada ($\frac{KJ}{kg}$)

h_2 = Entalpía Específica del Vapor Saturado ($\frac{KJ}{kg}$)

Tenemos la siguiente ecuación:

$$mv (h_2 - h_1) = \eta_{caldera} Q_{sum\ total\ hosp.}$$

Al despegar el flujo de vapor, tenemos:

$$mv = \frac{\eta_{caldera} Q_{sum\ total\ hosp.}}{(h_2 - h_1)}$$

Considerando una eficiencia de 0.80, siendo el valor más común para cualquier cálculo, sustituimos valores:

$$mv = \frac{(0.80) 1,298.55 \frac{KJ}{seg}}{(2,768.37 \frac{kJ}{kg} - 209.3 \frac{kJ}{kg})}$$

$$mv = \frac{1,038.84 \frac{KJ}{seg}}{(2,559.07 \frac{kJ}{kg})}$$

$$mv = 0.4059 \frac{Kg}{seg}$$

Traducido en horas:

$$mv = 1,461.39 \frac{Kg}{hr}$$

Se establece que el hospital tiene un flujo de vapor de $1,461.39 \frac{Kg}{hr}$, siendo esta cantidad el 100%, podemos concluir que el flujo que nos aporta el motor de combustión interna de $487.39 \frac{kg}{hr}$, representa un 33.35% del valor total.

ANEXO 13. ANÁLISIS ECONÓMICO SISTEMA DE GASIFICACIÓN

Datos	Cantidad	Unidad
Vida económica	25	años
Tasa de descuento	12	%
Tasa de cambio	15.03	\$/USD
Factor de planta	95	%
Periodo de operación del sistema	8322	h/año
Costo de mantenimiento	0.004	USD/kWh
Costo de operación	0.007	USD/kWh

*Tasa de cambio al 26 de Febrero del 2015

Inversión Total		
Equipo: JMC 316	1,108,644.00	USD
Costos extras:		
Instalación	17,787.00	USD
Maniobras		
TOTAL	1,126,431.00 (USD)	
	16,930,257.93 (MX\$)	

Calculo del costo de gas natural por gasificación		
Potencia del motor	844	KW
Consumo de gas por motor	425.00	m3/hr LHV
Consumo de gas por motor	472.22	m3/hr HHV
Poder calorífico HHV	0.03614	GJ/m3
Calor suministrado	17.0661	GJ/hr HHV
	4.7406	MWt HHV
	11,796.10	GJ/MES
	2,817.99	GCAL/MES
Precio gas centro + distribución	247.83	\$/GCAL
	59.20	\$/GCAL
Costo por gas natural	698,380.61	\$/MES
Eficiencia de generación eléctrica HHV	17.80%	%
Eficiencia de generación eléctrica LHV	19.78%	%

Costos anuales de operación y mantenimiento GASIFICACION		
Costo de operación	700,446.10	(MX\$)
Costo de mantenimiento	400,254.91	(MX\$)
Costo consumo combustible	8,380,567.37	(MX\$)
Costo anual:	9,481,268.38	(MX\$)

INVERSIÓN TOTAL COGENERACIÓN	18,030,959	(MX\$)
INVERSIÓN TOTAL GASIFICACIÓN	\$49,674,150.00	(MX\$)
INVERSIÓN TOTAL	67,705,109	(MX\$)

Costos anuales de operación HOSPITAL		
ELECTRICIDAD	12,688,105.66	(MX\$)
DIESEL	13,826,292.90	(MX\$)
GAS LP	278,163.02	(MX\$)
BASURA	892,040.00	(MX\$)
COSTO ACTUAL SIN RECOLECCIÓN	27,684,601.58	(MX\$)

AHORROS anuales de operación HOSPITAL		
ELECTRICIDAD (100%)	12,688,105.66	(MX\$)
DIESEL (33%)	4,611,068.68	(MX\$)
GAS LP (100%)	278,163.02	(MX\$)
BASURA (100%)	892,040.00	(MX\$)
TOTAL	18,469,377.36	(MX\$)

ANEXO 14. ANÁLISIS ECONÓMICO SISTEMA DE COGENERACIÓN

Datos	Cantidad	Unidad
Vida económica	25	años
Tasa de descuento	12	%
Tasa de cambio	15.03	\$/USD
Factor de planta	95	%
Periodo de operación del sistema	8322	h/año
Costo de mantenimiento	0.004	USD/kWh
Costo de operación	0.007	USD/kWh

*Tasa de cambio al 26 de Febrero del 2015

Inversión Total		
Equipo: JMC 316 GS-N.L.	1,108,644.00	USD
Costos extras:		
Instalación	17,787.00	USD
Maniobras		
TOTAL	1,126,431.00	(USD)
	16,930,257.93	(MX\$)

Calculo del costo de gas natural por unidad de motor		
Potencia del motor	844	KW
Consumo de gas por motor	208.00	m3/hr LHV
Consumo de gas por motor	231.11	m3/hr HHV
Poder calorífico HHV	0.03614	GJ/m3
Calor suministrado	8.3524	GJ/hr HHV
	2.3201	MWt HHV
	5,773.15	GJ/MES
	1,379.16	GCAL/MES
Precio gas centro + distribución	247.83	\$/GCAL
	59.20	\$/GCAL
Costo por gas natural	341,795.69	\$/MES
Eficiencia de generación eléctrica HHV	36.38%	%
Eficiencia de generación eléctrica LHV	40.42%	%

Costos anuales de operación y mantenimiento MOTOR		
Costo de operación	700,446.10	(MX\$)
Costo de mantenimiento	400,254.91	(MX\$)
Costo consumo combustible	4,101,548.27	(MX\$)
	5,202,249.27	(MX\$)

INVERSIÓN TOTAL COGENERACIÓN	16,930,258	(MX\$)
------------------------------	------------	--------

Costos anuales de operación HOSPITAL		
ELECTRICIDAD	12,688,105.66	(MX\$)
DIESEL	13,826,292.90	(MX\$)
GAS LP	278,163.02	(MX\$)
COSTO ACTUAL SIN RECOLECCIÓN	26,514,398.56	(MX\$)

AHORROS anuales de operación HOSPITAL		
ELECTRICIDAD (100%)	12,688,105.66	(MX\$)
DIESEL (33%)	4,611,068.68	(MX\$)
TOTAL	17,299,174.34	(MX\$)

ANÁLISIS DE FLUJOS DE EFECTIVOS

INVERSIÓN INICIAL	16,930,258	(MX\$)
OPERACIÓN ANUAL	5,202,249	(MX\$)
COSTOS EXTRAS	9,215,224	(MX\$)
AHORRO ANUAL	17,299,174	(MX\$)
VIDA UTIL	25	AÑOS
TASA DE DESCUENTO	12%	
VPN	\$13,755,272.85	(MX\$)
TIR	33%	

FLUJO DE INGRESOS	
AÑO	VALOR (A)
0	17,299,174.34
1	17,299,174.34
2	17,299,174.34
3	17,299,174.34
4	17,299,174.34
5	17,299,174.34
6	17,299,174.34
7	17,299,174.34
8	17,299,174.34
9	17,299,174.34
10	17,299,174.34
11	17,299,174.34
12	17,299,174.34
13	17,299,174.34
14	17,299,174.34
15	17,299,174.34
16	17,299,174.34
17	17,299,174.34
18	17,299,174.34
19	17,299,174.34
20	17,299,174.34
21	17,299,174.34
22	17,299,174.34
23	17,299,174.34
24	17,299,174.34
25	17,299,174.34

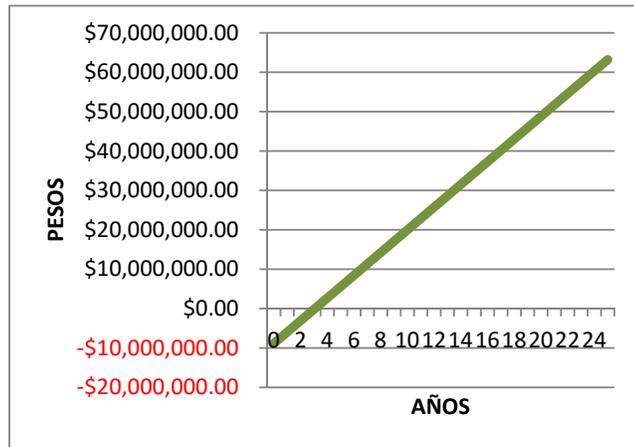
FLUJO DE EGRESOS	
AÑO	VALOR (B)
0	26,145,482.15
1	14,417,473.49
2	14,417,473.49
3	14,417,473.49
4	14,417,473.49
5	14,417,473.49
6	14,417,473.49
7	14,417,473.49
8	14,417,473.49
9	14,417,473.49
10	14,417,473.49
11	14,417,473.49
12	14,417,473.49
13	14,417,473.49
14	14,417,473.49
15	14,417,473.49
16	14,417,473.49
17	14,417,473.49
18	14,417,473.49
19	14,417,473.49
20	14,417,473.49
21	14,417,473.49
22	14,417,473.49
23	14,417,473.49
24	14,417,473.49
25	14,417,473.49

FLUJO DE EFECTIVO NETO	
AÑO	VALOR (A-B)
0	-8,846,307.81
1	2,881,700.85
2	2,881,700.85
3	2,881,700.85
4	2,881,700.85
5	2,881,700.85
6	2,881,700.85
7	2,881,700.85
8	2,881,700.85
9	2,881,700.85
10	2,881,700.85
11	2,881,700.85
12	2,881,700.85
13	2,881,700.85
14	2,881,700.85
15	2,881,700.85
16	2,881,700.85
17	2,881,700.85
18	2,881,700.85
19	2,881,700.85
20	2,881,700.85
21	2,881,700.85
22	2,881,700.85
23	2,881,700.85
24	2,881,700.85
25	2,881,700.85

FORMULACION DE DATOS		
AÑO	FLUJOS DE EFECTIVO	VALOR PRESENTE
0	-8,846,307.81	-\$8,846,307.81
1	2,881,700.85	\$2,572,947.19
2	2,881,700.85	\$2,297,274.28
3	2,881,700.85	\$2,051,137.75
4	2,881,700.85	\$1,831,372.99
5	2,881,700.85	\$1,635,154.45
6	2,881,700.85	\$1,459,959.33
7	2,881,700.85	\$1,303,535.12
8	2,881,700.85	\$1,163,870.64
9	2,881,700.85	\$1,039,170.22
10	2,881,700.85	\$927,830.55
11	2,881,700.85	\$828,420.13
12	2,881,700.85	\$739,660.83
13	2,881,700.85	\$660,411.46
14	2,881,700.85	\$589,653.09
15	2,881,700.85	\$526,475.97
16	2,881,700.85	\$470,067.83
17	2,881,700.85	\$419,703.42
18	2,881,700.85	\$374,735.20
19	2,881,700.85	\$334,585.00
20	2,881,700.85	\$298,736.61
21	2,881,700.85	\$266,729.11
22	2,881,700.85	\$238,150.99
23	2,881,700.85	\$212,634.81
24	2,881,700.85	\$189,852.51
25	2,881,700.85	\$169,511.17

VPN	\$13,755,272.85	\$13,755,272.85
TIR	33%	

PERIODO DE RECUPERACIÓN	
AÑOS	ACUMULATIVO
0	-\$8,846,307.81
1	-\$5,964,606.95
2	-\$3,082,906.10
3	-\$201,205.25
4	\$2,680,495.60
5	\$5,562,196.45
6	\$8,443,897.30
7	\$11,325,598.15
8	\$14,207,299.00
9	\$17,088,999.85
10	\$19,970,700.71
11	\$22,852,401.56
12	\$25,734,102.41
13	\$28,615,803.26
14	\$31,497,504.11
15	\$34,379,204.96
16	\$37,260,905.81
17	\$40,142,606.66
18	\$43,024,307.51
19	\$45,906,008.37
20	\$48,787,709.22
21	\$51,669,410.07
22	\$54,551,110.92
23	\$57,432,811.77
24	\$60,314,512.62
25	\$63,196,213.47



3.07 AÑOS PERIODO DE RECUPERACION DESCONTADO

0.98 AÑOS PERIODO DE RECUPERACIÓN SIMPLE