

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

En el presente capítulo se presentaran los resultados obtenidos en la investigación, producto del análisis documental realizado a las publicaciones realizadas por expertos en biodigestion anaeróbica que conforman la población objeto de estudio. En este sentido se presentara la alternativa tecnológica adecuada para la producción de gas a partir de aguas residuales generada a partir de las características de cada una de las alternativas y los parámetros necesarios para la correcta operación contenidos en las matrices de análisis, así como también se mostrara el estudio económica que demuestra la factibilidad de la alternativa seleccionada.

1. Análisis y discusión de los resultados

Categoría 1: Volumen de producción de gas a partir de aguas residuales.

El volumen de producción de gas a partir de aguas residuales fue definida por las sub categorías: factores que influyen en el volumen de biogas generado y cálculo del caudal de un biodigestor. A continuación se presentan los resultados y el análisis de los mismos.

1.1. Factores que influyen en el volumen de biogás generado.

La composición de los sustratos de las aguas residuales es de vital importancia para el proceso de producción de gas a partir de aguas residuales, debido a que de este dependerá directamente la digestión producida en el biodigestor trayendo como consecuencia variación en esta. Así como, el volumen de recuperación máximo posible que será analizado de igual manera. En la matriz presentada a continuación se analizan los diferentes elementos escogidos para medir la influencia de estos sobre el volumen de biogás generado:

Cuadro No. 11. Matriz de análisis para la categoría: Volumen de producción de gas a partir de aguas residuales. Sub Categoría: Calculo del caudal de un biodigestor.

Elemento de Análisis Subcategoría	Influencia de la composición de los residuos	Caudal de biogás recuperable
Factores que influyen en el volumen de biogás generado	A mayor cantidad de compuestos orgánicos en el agua residual mas rápida será la digestión y mayor el volumen de biogás generado	Se entenderá como normal la captación del 70% del biogás.

Fuente: Valenzuela (2010)

Sobre la influencia que tiene la composición de los residuos sobre el volumen de producción, varios autores soportan lo expuesto en la matriz. Mejias,(2006) asegura que las características del sustrato son de gran importancia dentro del proceso de digestión anaeróbica, especialmente su contenido de materia biodegradable. Martín y Camps (2008), confirman esta declaración aseverando que la proporción de gas metano producido depende de la composición de la materia prima empleada. Board (2004) por otra parte emite su opinión desde el punto de vista del diseño al definir una alimentación líquida al proceso como los sustratos en los que la mayoría de los compuestos orgánicos biodegradables.

Por lo que se puede concluir que a mayor cantidad de compuestos orgánicos en el agua residual más rápida será la digestión y mayor el volumen de biogás generado. En la matriz anterior, se plantea por otra parte que ningún sistema de captación del biogás es perfecto por ello se entenderá como normal la captación del 70% del biogás. Esta información está sustentada por Agdag (2007) plantea textualmente la misma. Teniendo en cuenta además que según el mismo autor la producción teórica recuperable de biogás por tonelada de materia orgánica húmeda será de 153 m³N y 95m³N para la fracción de alta y media degradabilidad. La información expuesta es necesaria para determinar el motivo al que obedece el sobredimensionamiento de un biodigestor, en el proceso por lo regular se tienen pérdidas del 30%. Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron montos de producción conservadores por este particular.

1.2 Calculo del caudal de un biodigestor.

De acuerdo a lo expresado en la matriz a continuación existen varios métodos para calcular el volumen de biogas generado, cada uno de los métodos tienen algunas desventajas de las cuales se hará mención.

Cuadro No. 12. Matriz de análisis para la categoría: Volumen de producción de gas a partir de aguas residuales. Sub Categoría: Calculo del caudal de un biodigestor.

Elemento de análisis Subcategoría	Método basado en el tiempo de retención	Método Experimental	Método basado en el factor de carga
Calculo del caudal de un biodigestor	Se calcula la producción de gas mediante una relación volumen de gas cantidad de lodos en la alimentación.	Puede calcularse mediante la ecuación (8) y mediante un método grafico si se cuenta con la ayuda de un experto.	El factor de carga determina el volumen de digester y por lo tanto sirve como método para estimar la producción, pero requiere parámetros específicos.

Fuente: Valenzuela 2010

El método experimental consiste según Hernandez (1999) en la determinación de parámetros cinéticos (véase ec. (3) y (8)) que por lo general se determinan en plantas piloto dentro del laboratorio para luego

graficar los datos obtenidos y mediante métodos matemáticos conseguir una expresión que permita el cálculo del volumen de gas. Una de las principales desventajas de este método la refiere el autor antes citado, y es que se requiere de expertos para llevar a cabo el cálculo.

Otro método al que se hace referencia en la matriz es el método de factor de carga, se basa grupo de consultores Aqualimpia Beratende Ingiure (2008), en que este es un factor determinante para el dimensionamiento del digestor. De acuerdo con Hernández (1999) el cálculo del volumen de digestión se efectúa dividiendo los kilogramos de sólidos volátiles producidos cada día en la estación depuradora, por el factor de carga, que se suele expresar en kilogramos de sólidos volátiles añadidos por metro cúbico de digestor y día, o bien, por kilogramos de sólidos volátiles presentes en el digestor y día.

Hernández (1999) afirma que el método basado en el factor de carga como desventajas tiene las siguientes: es obligatorio el cálculo del tiempo de retención en función de la concentración del fango, para comprobar que dicho tiempo es aceptable.

Con respecto a lo expresado del método basado en el tiempo de retención, Agdag (2007) plantea que para el sistema de digestión adoptado se considera un tiempo de retención, que empíricamente sea función de la temperatura de funcionamiento adoptada. De acuerdo con Nijaguna (2002), la producción de gas específica se determina dividiendo el volumen de gas medido entre la cantidad de lodo alimentado a la planta. Los resultados son

graficados en una curva y luego son usados para calcular volúmenes de digestor y de gas. Mediante este método adoptando un cierto tiempo de retención, conociendo los sólidos totales de la alimentación al sistema, así como el caudal de la misma, se calcula con facilidad la producción de gas.

Sin embargo, según Hernandez (1999) este método tiene una desventaja, y esta radica en que los supuestos son varios y el cálculo de la producción puede presentar una ligera desviación. Pero si se tiene la información estandarizada como en este caso es bastante sencillo. La cantidad de agua residual diaria por persona se tomo de lo expuesto por Tejero, Jácome y Temprano (2009). La composición química estandarizada se tomo de Metcalf y Eddy (2005) y por ultimo se tomo un factor de retención de 30 Días y una temperatura de 40 C. Después solo queda aplicar el método el cual expondrá un volumen de gas bastante parecido a la realidad.

Los autores tipifican los métodos mas usados de acuerdo a la realidad que posee cada zona, esto quiere decir que en países donde no se practica este tipo de tecnologías es mejor el método basado en el tiempo de retención debido a que utiliza información de manejo global utilizada para otros fines como el control ambiental.

Categoría 2: Alternativa tecnológica.

La descripción de la alternativa tecnológica fue definida por las sub categorías: digestor único y de dos etapas, Cada una de estas se analizo de acuerdo a la influencia de sus características en la producción de gas.

2.1 Digestor único y Digestor de dos etapas

Cuadro 13: Matriz de análisis para la categoría: Alternativa Tecnológica

Elemento Subcateg.	Preparación y acondicionamiento de los lodos	Hidrólisis	Metanización	Almacenamiento del digesto y el gas	Deshidratación del compost
Digestor Unico	La digestión y la producción de gas depende de una buena mezcla.	La hidrólisis y demás etapas de digestión tiene lugar en la misma cámara	Las condiciones no son optimas por que el proceso de acidificación	El gas es extraído y comprimido	No existe variabilidad en el criterio.
Digestor de dos etapas	No es necesaria la agitación en el proceso	La hidrólisis se da lugar en la primera etapa	La producción de metano es optima debido	El gas es extraido y comprimido de cada una de las fases	No existe variabilidad en el criterio

Fuente: Valenzuela (2010)

La Energy and Resources Institute, Institut Català d'Energia (2004) Expone que el digestor de una etapa necesita de una fase de mezclado para poder homogenizar el sustrato a tratar en cambio en el biodigestor de dos etapas la concentración de sólidos es mayor y no es necesario el mezclado debido a que cuenta con dos etapas para la digestión de lodos. Lo antes expuesto corrobora lo planteado en la matriz de análisis.

Finkelstein, Davison y McMillan (2002) y además Van Haadel y Van der Lubbe (2007), argumentan que la hidrólisis en cada una de estas alternativas se desarrolla de forma diferente. En el digestor de una etapa el proceso se da en la misma cámara donde se efectúan todos los procesos, de forma contraria en el digestor de dos etapas donde la hidrólisis se da en la primera cámara y luego pasa el sustrato a degradarse en el proceso de metanización en la segunda cámara. Tomando en cuenta lo expuesto por los autores y la información presente en la matriz se concluye que el digestor de dos etapas es mas eficiente que el de una sola.

Finkelstein, Davison y McMillan (2002), Van Haadel y Van der Lubbe (2007), Van Haadel y Van der Lubbe (2007) y Deshmukh (2005), comentan que la metanización aunque se da en las dos alternativas, su contexto es diferente debido a que en el mono etapa el proceso de metanización se da en el digestor único lo que conlleva a largos tiempos de retención y a un aumento en las dimensiones de la cámara. En cambio en el biodigestor de dos etapas el tiempo de retención es mas corto y las dimensiones si se compara con la otra alternativa es mucho más pequeña, la metanización aunque comienza en la primera etapa termina en la segunda.

Para el momento ningún autor conserva una opinión excluyente acerca de cual de las opciones utilizar, para la fecha se siguen realizando estudios y pruebas de laboratorio, ya que hasta ahora se observa que la utilización de una de las dos tecnologías se adapta dependiendo del contexto en el cual se desarrolle.

Categoría 3: Aspectos técnicos del proceso

Los aspectos técnicos del proceso fueron caracterizados y analizados por dos sub categorías: operación y sistema en el cual se desarrolla. El análisis de cada una de estas sirvió para determinar los elementos necesarios para que el proceso se efectúe de manera óptima.

3.1 Operación

En el análisis de la siguiente matriz se estudio el proceso de operación de un biodigestor el cual comprende de la mano de obra a utilizar, el mantenimiento y la vida útil del equipo.

Cuadro 14: Matriz de análisis para la categoría: Aspectos Técnicos del proceso. Sub-Categoría: Operación.

Elemento de análisis Subcategoría	Mano de Obra	Mantenimiento	Vida Útil
Operación	La mano de obra para la instalación debe ser especializada y luego puede ser atendido por una persona	Los mantenimientos se deben realizar con el fin de proteger al digestor del medio ambiente	La vida útil de un biodigestor es de 30 años aproximadamente.

Fuente: Valenzuela (2010)

En el caso del biodigestor este análisis no tiene matices debido a lo sencillo de su operación y mantenimiento. Según Hansen (1999) y Hernandez (1999) el personal necesario no requiere conocimientos especializados en digestión de lodos para operar una maquina de este tipo, debido a que los elementos que la conforman son fáciles de entender y manejar, además que la mayor parte del proceso se desarrolla de forma interna y el operador solo debe prestar atención al suministro de lodos para la puesta en marcha del proceso. Sin embargo los autores recomiendan la capacitación de los operadores con el fin de obtener un proceso eficiente.

En lo concerniente al mantenimiento Valera (2006), expone que después de instalado el biodigestor solo deben ser motivo de preocupación dos cosas la protección física y la alimentación del biodigestor El mismo autor en concordancia con lo expuesto por Hansen (1999) la alimentación del biodigestor es la actividad principal del operador, debido a esto la cantidad de operadores puede ser llevada a uno en instalaciones pequeñas y no es necesario un entrenamiento especializado.

Hansen (1999) toma como base la complejidad del proceso para determinar que la alternativa, ya que es de poco mantenimiento debido a los elementos que la conforman en contra posición Valera (2006) que comenta que los agentes externos son un factor determinante para aplicar los mantenimientos, en vista ya que la interacción con el digestor puede producir desgaste o mal funcionamiento.

Lo antes expuesto corrobora lo comentado en la matriz, el mantenimiento del biodigestor debe estar centrado en la protección del equipo a los agentes externos para preservar la continuidad operativa y por ende la confiabilidad en el suministro de gas. Por ello en los costos de instalación están las partidas para la construcción de un espacio protegido y dedicado para la operación del equipo.

Además también están contemplado el suministro de cribas y palas necesarias para el tratamiento primario que cuida que ningún sólido entre en el biodigestor sin ser tratado antes, es decir los lodos entrantes al biodigestor son espesos pero no existen sólidos voluminosos en ellos.

La vida útil es otro parámetro que se estudio y se determino que por las características de la alternativa y las dimensiones de las protecciones físicas elaboradas y tratamientos preliminares incluidos se puede determinar que el biodigestor puede durar 30 Años.

3.2 Sistema en el cual se desarrolla.

La generación de gas en el proceso de digestión es sensible al cambio de temperaturas, debido a que las bacterias responsables de la producción de metano sobreviven y se desarrollan bajo ciertas especificaciones de este parámetro, es por esta razón se toma como aspecto importante dentro del estudio. En la matriz de análisis que se muestra a continuación, se encuentran los dos sistemas donde se desarrolla la digestión, el sistema termofilico y el sistema termofilico.

Cuadro 15: Matriz de análisis para la categoría: Aspectos Técnicos del proceso. Sub-Categoría: Sistema en el cual se desarrolla

Elemento de Análisis Subcategoría	Mesofílico	Termofílico
Sistema en que se desarrolla	La temperatura oscila alrededor de 35 grados centígrados	Las temperaturas son de 50 a 60 grados centígrados

Fuente: Valenzuela (2010)

En concordancia por lo expuesto en la matriz Hernández (1999) comenta que un sistema termofílico es mejor si se tiene como finalidad la producción de gas a partir de aguas residuales debido a que a dichas temperaturas se acelera el proceso de biodigestión a causa de que las bacterias metanogénicas reaccionan más rápido a elevadas temperaturas, esto es sustentado por Jördening y Winter (2005) que expresan una opinión similar.

Jördening y Winter (2005) establecen que la temperatura de un sistema mesofílico oscila entre los 35°C. Los reactores diseñados para una operación mesofílica son calentados a 30 o 40 °, tal como se plantea en la matriz. La estabilidad en el proceso bajo el sistema mesofílico es alta y las variaciones pequeñas de temperatura tienen un efecto pequeño sobre las bacterias mesofílicas. Las ventajas de los procesos vienen dadas por el hecho de que requieren una baja cantidad de calor y producen una alta cantidad de energía.

En contra parte Cervantes, Pavlostathis, Van Haandel (2006), afirman por otra parte, que las desventajas de este sistema son las siguientes: requiere de tiempos de retención relativamente altos, no es tan eficiente en cuanto a la reducción de sólidos volátiles, además de que no presenta gran eficiencia en la inactividad de los patógenos

De acuerdo con Cervantes, Pavlostathis, Van Haandel (2006), biodigestor termofílico tiene como ventajas un tiempo de retención mas corto ya que los microorganismos termofílico tienen un alto metabolismo. Bajo ciertas condiciones se produce una conversión más rápida a metano del sustrato por lo que el tiempo de residencia se reduce.

Por otra parte Cervantes, Pavlostathis, Van Haandel (2006), agregan que este sistema presenta algunas desventajas como: efluente con una baja calidad, requiere un tratamiento muy riguroso para deshidratar el lodo remanente, además es más sensible a los cambios de condiciones de operación y a la presencia de sustancias tóxicas, las mismas no representan una amenaza en la producción de gas.

Hernandez (1999), reafirma el hecho de que si se considera la producción de gas como símbolo de la eliminación de materia orgánica, puede decirse también que el proceso termofílico es superior, siendo tan efectivo el mismo con retenciones de 7 a 14 días en comparación con el sistema mesofílico con retenciones de 24 a 28 días Se puede determinar después de todo lo antes mencionado que le sistema mas propicio para la producción de gas es el termofílico.

Categoría 4: Aspectos Económicos.

Los aspectos económicos fueron expuestos bajo el desarrollo de dos sub categorías: costos y riesgo. Dentro de costos se detallaron las partidas necesarias y el valor de ejecución de cada uno de los elementos para la instalación, construcción y mantenimiento. Dentro del estudio de riesgo se elaboro un análisis de sensibilidad demostrando que costos eran sensibles a variación afectando el valor presente neto de la inversión y una simulación de Monte Carlo para determinar un valor presente neto medio tomando en cuenta las posibles variaciones en costos e ingresos presentes en el proceso.

4.1 Costos.

Los costos necesarios para la implementación de la alternativa seleccionada se clasificaron en costos de instalación, construcción y mantenimiento. Los costos de instalación se realizaron tomando en cuenta el contexto mas adverso para la puesta en marcha de la alternativa seleccionada. Por ello se crearon las partidas necesarias para la realización del cubículo desde donde se operara el biodigestor según especificaciones de los expertos.

Los costos de cada una de las partidas se originan de un promedio de los precios de obra civil de varios contratistas que se encuentran a nivel regional pero cuyo alcance es a nivel nacional, es debido a esto que pueden

ser tomados como un estándar de costos reales para la ejecución del proyecto en cualquier lugar del país. Los costos de instalación se muestran en la siguiente tabla

Cuadro 16. Costos de Instalación.

Costo de instalación				
Denominación	Presentación	Cantidad	Precio	Total
Suministro e instalación de loza de concreto	SGL	1	2000	2000
Construcción de pared de bloque 10	M2	90	200	18000
Construcción de placa de concreto	M2	30	1000	30000
Suministro e instalación de sistema de tuberías de aguas negras	SGL	1	2000	2000
Mano de obra	SGL	1	3000	3000

Fuente: Perseus 2009

Los costos de construcción constituyen el rubro más fuerte de todo el proyecto debido a que su valor nominal es el más alto además los elementos que lo componen debido a la poca demanda de los mismos por ende se tuvieron que cotizar con un único proveedor.

Cuadro 17. Costos de construcción

Costos de construcción				
Denominación	Presentación	Cantidad	Precio	Total
Suministro de deposito mezclador	Unidad	2	1100	2200
suministro de cuchillas rotativas	Unidad	2	1000	2000
suministro de criba giratoria	Unidad	2	800	1600
suministro e instalacion de bomba de tornillo	Unidad	2	1500	3000
suministro e instalacion agitador de palas	Unidad	1	900	900
suministro de tanque de 900 M3	Unidad	1	3500	3600
suministro de digestor	Unidad	2	4000	8000
suministro de agitadores	Unidad	2	600	1200
suministro de intercambiador de calor externo	Unidad	2	1100	2200
suministro de Cilindro de gas	Unidad	1	10000	10000
suministro de quemador	Unidad	1	200	200
suministro e instalacion de cupula de gas	Unidad	2	400	800
suministro de valvulas de seguridad	SGL	1	600	600
suministro de rompedor de vacio	Unidad	2	350	700
suministro de apaga llamas	Unidad	2	380	760
Suministro de valvula termica	Unidad	2	600	1200
suministro de separador de sedimento	Unidad	1	1300	1300
suministro de purgador de condensado	Unidad	1	600	600
suministro de manometro	Unidad	2	120	240
suministro de regulador de presion	Unidad	2	120	240
Suministro y transporte de tanque para agua	Unidad	1	800	800
suministro de red de tuberias de aguas	SGL	1	400	400
suministro de red de tuberias de gas	SGL	1	1000	1000
suministro de muestreador	Unidad	2	150	300
suministro de reactor de lecho expandible	Unidad	1	2500	2500
suministro de reactor de lecho fijo	Unidad	1	1000	1000
Suministro Instalacion de Generador Electrico	Unidad	1	45000	45000
Mano de obra	SGL	1	3000	3000

Fuente Perseus 2010

Cuadro 18. Costos de mantenimiento.

Costo de mantenimiento y operación				
Denominación	Presentación	Cantidad	Precio	Total
Mano de obra	SGL	1	800	800
Costo promedio de electricidad	SGL	1	40	40
Material de limpieza	SGL	1	50	50

Fuente: Perseus 2010

Dentro de los costos de mantenimiento se coloca la electricidad debido a que al momento de realizar los mantenimientos el biodigestor deja de funcionar y es necesaria otra fuente de energía para efectuar los trabajos. La mano de obra necesaria no tiene que ser especializada debido a que el proceso es bastante fácil de comprender y no es necesaria una titulación universitaria para operar el biodigestor. Por ende se toma un salario básico como el indicado para cancelar los servicios de la persona encargada del mantenimiento y operación del sistema.

El material de limpieza es poco y bajo en costo debido a las características de la tecnología usada. Los costos se exponen de forma resumida.

Cuadro 19. Resumen de costos

Costo inicial	
Costo total de construcción	BsF 95.240
Costo total de instalación	BsF 55.000
Costo mensual	
Costo de mantenimiento y operación	BsF 890

Fuente: Valenzuela (2009)

4.2 Riesgo

Para determinar el riesgo asociado a la decisión de efectuar la implementación de la alternativa tecnológica, se utilizó un análisis de sensibilidad para poder evaluar que variables eran susceptibles a cambios no

contemplados en la rentabilidad del proyecto y una simulación de Monte Carlo para contemplar el horizonte mas intermedio para determinar la factibilidad económica del proyecto.

Para Emery, Stowe y Finnerty (2008) un análisis de sensibilidad varia parámetros claves de un proceso para determinar la sensibilidad de los resultados a la variación en cada partida. La pregunta que el análisis de sensibilidad trata de responder es que sucede cuando las cosas no ocurren como se planificaban. La sensibilidad del valor presente neto a variaciones en las ventas se caracteriza por la inclinación relativa de la pendiente que expresa la relación entre utilidades y ventas dentro de una grafica. La pendiente esta estrechamente relacionada con el margen de contribución.

Un margen de contribución grande da lugar a una pendiente empinada, donde la utilidad es muy sensible a variación si existe un cambio en ventas. A diferencia de las graficas con tendencia a poca pendiente o plana, las cuales no sufren gran variación si existen menos ventas de las que se contemplaron. De manera similar acota Coss (20005) la sensibilidad de un proyecto debe hacerse con respecto a parámetros inciertos, se determina el grado de sensibilidad del valor presente neto o la tasa interna de retorno con respecto a parámetros difíciles de calcular como el volumen de ventas, los costos de mantenimiento o el precio del producto en el mercado.

Tomando en cuenta lo citado se puede inferir que el análisis de sensibilidad es una herramienta útil para determinar la rentabilidad de un proyecto tomando distintos escenarios con parámetros difíciles de predecir.

Emery, Stowe y Finnerty (2008) toman en consideración la pendiente de la grafica para determinar que tal sensible es la utilidad con respecto al parámetro que se evalúa en cambio Coss (20005) solo comenta la utilización de la herramienta para observar como son los distintos escenarios.

Durante el análisis de sensibilidad se estudiaron dos parámetros que se consideraron eran los mas susceptibles a cambios no esperados, tomando en cuenta la realidad del país. Los parámetros fueron el valor inicial para la realización del biodigestor y el cambio en los costos de operación.

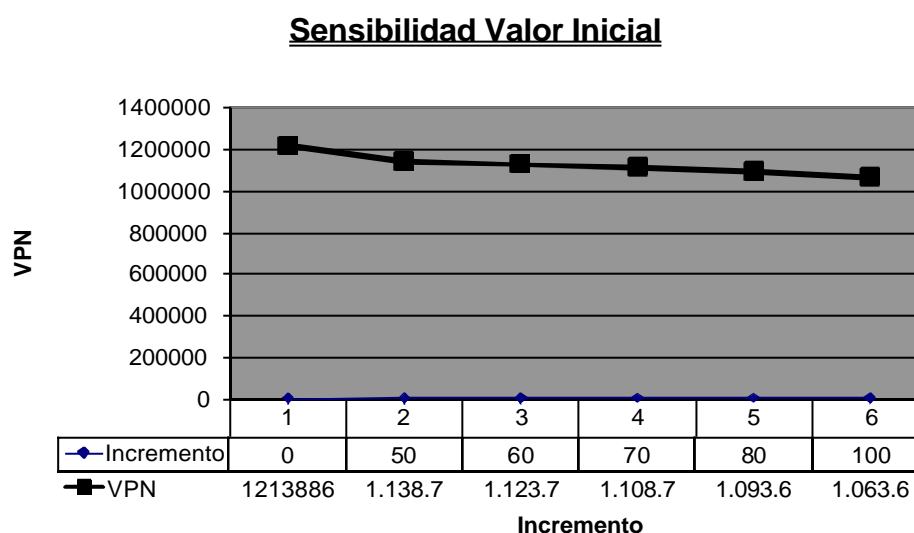


Grafico 3. Análisis de sensibilidad de inversión

Fuente: Valenzuela (2009)

En la grafica se observa que la pendiente de la recta no es muy pronunciada lo que significa que la repercusión a la rentabilidad debido a los cambios en la variable de estudio será muy mínima. El valor inicial puede

incrementar hasta un 100% del valor estimado y la influencia en el valor presente neto del proyecto sería bastante poca, esto es corroborado en el gráfico.

Otro parámetro cuya evolución es incierta es el aumento no planificado de los costos de mantenimiento para acrecentar la sensibilidad se dispuso que los ingresos procedentes de la alternativa no aumentarían si no que se estancarían en el mismo punto.

En este gráfico se puede apreciar que la pendiente es pronunciada lo cual indica que la rentabilidad del proyecto es sensible a las variaciones de este parámetro.

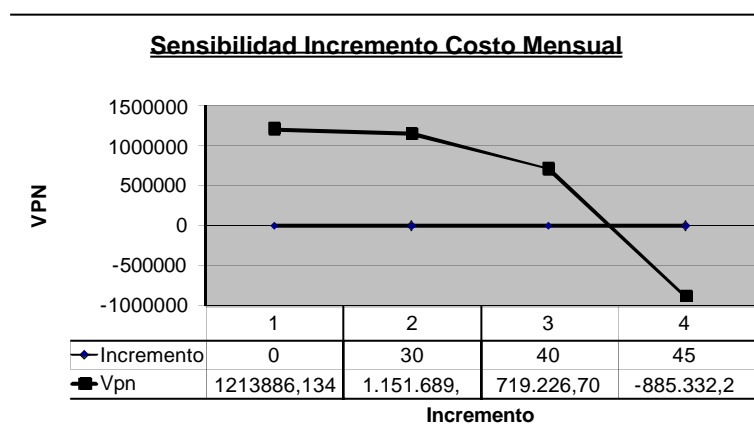


Gráfico 4. Análisis de sensibilidad costo de mantenimiento

Fuente: Valenzuela (2009)

De acuerdo a lo expresado solo puede existir un incremento máximo del 30% para que el proyecto conserve su atractivo económico. Para la presente fecha el estado no emite información del valor del metro cúbico de

gas suministrado, solo se limita a cobrar un pago simbólico. Para estimar el monto mas cercano a la realidad del ahorro por concepto de suministro de gas, se utilizo el precio de los kilovatios de energía eléctrica debido a la estrecha relación que guardan el gas con el mencionado servicio.

El ingreso mensual se estipula en la tabla siguiente.

Cuadro 20. Ingreso Mensual

Ingreso mensual	
Valor generado por ahorro de energia	BsF 5.592
Volumen de gas Producido en un mes	M3 8.175
Cantidad de KW Producidos en un mes	Kw 24.773

Fuente: Valenzuela (2009)

La simulación de Monte Carlo tomo como parámetro susceptible a cambios o variación la tasa de aumento en los precios anuales. Se tomo como base la tasa de inflación del año que asciende a 28% y se tomo como limites para las distintas iteración como mínimo 15% y máximo de 30% de inflación.

El calculo se realizo tomando 20.000 iteraciones arrojando un valor presente promedio de 1.277.527,91BsF valor muy cercano al valor arrojado en el estudio base cuyo monto fue de 1.213.886,13BsF. El espectro de posibilidades se puede apreciar de manera mas clara en el siguiente grafico arrojado en la simulación.

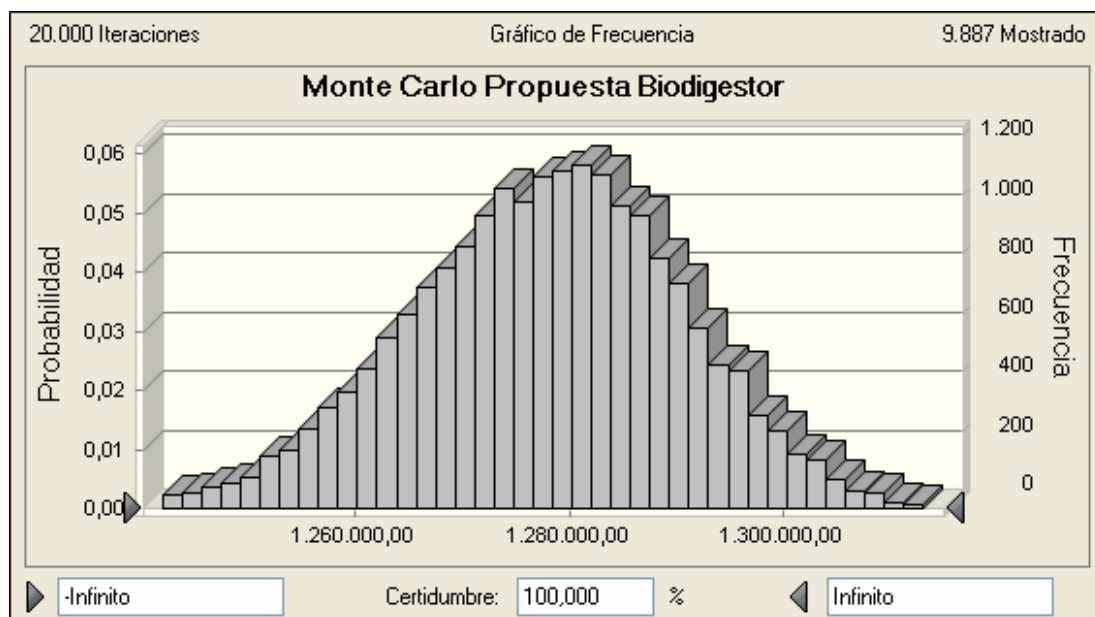


Gráfico 5. Simulación de Monte Carlo

Fuente: Valenzuela (2009)

De acuerdo a los análisis antes expuestos se puede concluir que desde el punto de vista económico y técnico, vislumbrando la mayor cantidad de horizontes posibles, la decisión de efectuar la ejecución de la propuesta es bastante redituable.