

SISTEMATIZACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN MINERA

Víctor Daniel La Cruz¹; Liliana Salomón, MSc¹
¹Universidad Nacional Experimental de Guayana UNEG, Venezuela
lsalomon@uneg.edu.ve; victordaniel@gmail.com

Recibido (14/12/18), aceptado (20/01/19)

Resumen: La investigación que se presenta, tuvo como propósito fundamental la sistematización de indicadores de gestión relacionados con la explotación sostenible del mineral de hierro en el estado Bolívar, teniendo como caso de estudio la empresa CSV FERROMINERA ORINOCO, específicamente las minas del Cuadrilátero San Isidro, Altamira y Cerro Bolívar. El estudio se realizó en la Gerencia de Minería, bajo un diseño de campo, de alcance descriptivo; apoyado en el análisis de la documentación de todos los procesos de explotación del mineral y sus resultados, compilados en los informes de gestión y sus soportes correspondientes al período 2013-2017. El procedimiento metodológico de la investigación abarcó: (1) diagnóstico del proceso de explotación del mineral (período 2013-2017); (2) análisis de los criterios de sostenibilidad aplicados a la minería; y (3) determinación de los indicadores de gestión y su sistematización. Los datos fueron procesados mediante la herramienta computacional EXCEL®. Como resultado se tiene un indicador global que mide la sostenibilidad (ambiental - social - económico) del proceso de explotación de mineral de hierro, que a su vez fue alimentado por veinticinco indicadores parciales que permiten el control en todas las fases del proceso de extracción de mineral; así como los efectos de las variaciones e interacciones en cada variable analizada.

Palabras Claves: Desarrollo sostenible, indicadores de gestión, minería de hierro

SYSTEMATIZATION OF INDICATORS OF MINING MANAGEMENT

Abstract: Research presented, fundamental aim was the systematization of management indicators related to the sustainable exploitation of iron ore in Bolivar State, taking as a case study the company CSV FERROMINERA ORINOCO, specifically the quadrilateral San Isidro, Altamira and mines Cerro Bolívar. The study was conducted in the management of mining under a field of descriptive scope design; based on the analysis of the documentation of all processes of exploitation of the mineral and its results, ompiled annual reports and their supports for the period 2013-2017. The methodological procedure of the research included: (1) diagnosis of the process of exploitation of ore (period 2013-2017); (2) analysis of the sustainability criteria applied to mining; and (3) determination of indicators of management and its systematization. The data were processed using the computational tool EXCEL®. As result there is an overall indicator that measures the sustainability (environmental - social - economic) of the process of exploitation of iron ore, the process of exploitation of iron ore, which in turn was powered by twenty-five partial indicators that allow control at all stages the process of extraction of ore; as well as the effects of variations and interactions in each analyzed variable.

Keywords: Sustainable development, indicators of management, iron mining.

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que la actividad económica impulsada por el sector minero en el país es una de las opciones más prometedoras, después de la actividad petrolera, ya que se cuenta con un potencial minero al tener reservas geológicas por el orden de los 14.000 millones de toneladas métricas de mineral de hierro, de los cuales aproximadamente el 25% corresponden a reservas probadas [2]. Sin embargo, el desarrollo sostenible de las mismas será la clave para satisfacer las futuras demandas nacionales e internacionales de materia prima para la industria del acero.

Al respecto, en 1972 a raíz de los gravísimos problemas ambientales, el concepto de ecodesarrollo discutido en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio humano (Estocolmo), cobra mayor importancia, creándose entonces el Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA).

De allí que Normas Internacionales como la UNE 22480:2008 - UNE 22470:2015 [1], son creadas para guiar a la industria extractiva en la consolidación de sistemas de gestión minera sostenible, y en el establecimiento de indicadores de tipo económico, social y ambiental para la evaluación de la implantación de estos sistemas.

En este sentido, y partiendo de la misión de Ferrominera Orinoco C.A, de extraer, beneficiar, transformar y suministrar mineral de hierro y derivados, con productividad, calidad y sustentabilidad, esta investigación permitirá determinar y sistematizar los indicadores de gestión para la explotación sostenible del mineral de hierro en el estado Bolívar, el cual servirá de base para el análisis de la evolución de la industria.

Se enfoca en la determinación, procesamiento y sistematización de indicadores de gestión minera enmarcados en las dimensiones, económico, ambiental y social, lo cual permitirá la medición integrada de las principales variables del proceso de extracción de mineral y una información dinámica y actualizada, como insumo fundamental para el proceso de toma de decisiones llevado a cabo en la actualidad por la Gerencia de Minería de Ferrominera Orinoco.

Atendiendo a los objetivos específicos, la investigación fue de tipo descriptiva documental y de campo, partiendo del análisis de las principales normas internacionales de gestión minera sostenible, planes de mina de la industria del hierro, procesos mineros e indicadores clave del sector.

Finalmente, el informe se encuentra estructurado en cuatro apartados: Metodología utilizada; Desarrollo minero sostenible; Indicadores de gestión sostenible; y Herramienta informática para medir la gestión minera.

II. DESARROLLO

1. Metodología utilizada

La Investigación se realizó en la empresa Ferrominera Orinoco. Geográficamente la empresa se encuentra distribuida entre Ciudad Piar y Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela y es la única empresa a cargo de la explotación de hierro en el país. Abarcó las minas de hierro ubicadas en el Cuadrilátero San Isidro, Altamira y Cerro Bolívar. Estas minas están bajo la dirección de la Gerencia de Minería, que tiene como función la ejecución de las operaciones de perforación, voladura, excavación y acarreo de mineral.

El establecimiento de indicadores sostenibles para la industria del hierro en el estado Bolívar y su sistematización, obedece a una investigación de tipo descriptiva, dado que fue preciso abordar un proceso de observación, recolección, comprensión, e interpretación de las operaciones mineras en su contexto actual, pero además tomando en consideración su evolución en los últimos 5 años.

El diseño fue documental y de campo, ya que se recopiló información directamente de la realidad de la Gestión en las Minas a través de la observación directa y la aplicación de entrevistas no estructuradas al personal adscrito a la Gerencia de Minería. Para el desarrollo de los indicadores, se consideró el enfoque de sistema por cumplir con el propósito de la Norma UNE 22470 relacionado a la necesidad imperante de la industria minera, cobrando mayor importancia la planificación de manera normalizada de todas las actividades, integrando en todos sus ámbitos, criterios ligados al desarrollo sostenible: medioambientales, sociales y económicos.

El procedimiento metodológico de la investigación constó de cinco fases:

Momento teórico. Presentación de Propuesta de Investigación.

Momento metodológico. Análisis de los criterios de sostenibilidad encontrados en las Normas Internacionales para la Gestión del Sector Minero; revisión de modelos holísticos para la construcción de indicadores de gestión; revisión de investigaciones relacionadas con la minería a cielo abierto, específicamente del sector hierro.

Fase o momento empírico. Diagnóstico del proceso de explotación del mineral de hierro en el estado Bolívar para el período 2013-2017; revisión de los Planes de Mina para el sector hierro en el período 2013-2017[3]; Determinación de los indicadores por área operativa, de acuerdo a los Planes de Minas. "Para la determinación de los indicadores sostenibles se realizó un formato según lo establecido por la Norma UNE 22470"; proce-

samiento y análisis de entrevistas lo que permitió establecer variables claves e indicadores de sostenibilidad.

Fase o momento analítico: Diseño de la base de datos que alimenta a cada indicador; creación de las tablas o fichas técnicas; formulación y establecimiento de los criterios para la ponderación y pesos de cada indicador y sub indicador; formulación y aplicación de un sistema de semaforización que permite medir y controlar cada indicador; diseño de gráficos; diseño de herramienta informática que permite medir la gestión minera, partiendo de indicadores por área operativa e indicador global; diseño del menú principal.

Fase conclusiva. Redacción y presentación de la investigación.

2. Desarrollo Minero Sostenible

Ya para 1970 el modelo economista basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como único criterio de la buena marcha económica, resultó insostenible e incompatible con el medio ambiente. De allí, que el tema ambiental pasa a ser una prioridad en el ámbito político.

Cobra mayor importancia a partir de 1972, cuando se celebró en Estocolmo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio humano, donde Ignachy Sachs, consultor de Naciones Unidas para temas de medio ambiente y desarrollo, propuso la palabra ecodesarrollo, muy ligado por cierto a los procesos que se desarrollaban, creándose entonces el Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA).

Este concepto no fue de total agrado para políticos y economistas más convencionales de la época cayendo en desuso. A partir de allí, surgió la necesidad de examinar un término que fuese capaz de mantener una relación directa entre la ecología y la economía, y con el cual se eliminara la contradicción existente entre crecimiento económico y conservación de la naturaleza. Es así como el término eco-desarrollo se reemplaza por Desarrollo Sostenible, presentado como un proyecto para erradicar la pobreza y salvaguardar el ambiente.

En 1987 se da el primer esfuerzo real por eliminar la confrontación entre desarrollo y sostenibilidad. La publicación del Informe de Brundtland en la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, conocido como Nuestro Futuro Común define por primera vez el concepto de "Desarrollo Sostenible" como aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

En 1992 ocurren varias actividades importantes. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente de Río de Janeiro, elaboró la Declaración de Río

sobre Medio Ambiente y Desarrollo, asumiéndose por primera vez, y a nivel mundial, la palabra de Desarrollo Sostenible como guía para la formulación de políticas de desarrollo racional y regional, es decir, la integración entre desarrollo y medio ambiente. El principal resultado obtenido de esta cumbre fue un documento titulado Agenda 21, en el que se define una estrategia general de desarrollo sostenible para todo el mundo.

En 1994 se celebra en Aalborg (Dinamarca) la Primera Conferencia Europea de Ciudades y Poblaciones Sostenibles, en la cual ochenta autoridades locales europeas firman la Carta de Aalborg. Allí nació la Campaña Europea de Ciudades y Poblaciones Sostenibles, la cual tiene por objetivo impulsar y apoyar desde el nivel local las ciudades y pueblos, con el fin de que trabajen en pro de la sostenibilidad. Estas son conocidas como las Agendas de Desarrollo Local. Ya para 1996, se celebra la segunda Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles y surge el Plan de actuación de Lisboa: de la Carta a la acción.

En el umbral del siglo XXI, se desarrolla la tercera Conferencia de Ciudades Europeas Sostenibles, la Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002) y entra en vigor el Protocolo de Kioto sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (2005). Sin embargo, este Protocolo va a ser redefinido en el año 2007, en la Cumbre de Bali, para adecuarlo a las nuevas necesidades respecto al cambio climático.

En la actualidad, específicamente en el sector extractivo, se tienen dos puntos de vista con relación a la sostenibilidad, el primero es el que plantea que un medio ambiente sano y protegido es la herencia más valiosa para la supervivencia y felicidad de las generaciones futuras. Por lo tanto, es un deber ético preservarlo en las mejores condiciones como nicho vital para los que vienen, por encima de alternativas no necesarias, como la minería a cielo abierto [6]. Asimismo, el hecho de que esta actividad es considerada de por sí no sostenible, por ser recursos que no pueden renovarse y por la cantidad de impactos físicos y sociales que genera [8].

El segundo punto de vista es que la minería debe ser tenida como instrumento de desarrollo regional y fijación del hombre a la tierra, así como fuente generadora de riqueza y trabajo, reductora de las desigualdades sociales, siendo, por tanto, necesario demostrarse la reconocida importancia del sector minero como proveedor de la materia prima en el proceso productivo de género del consumo y servicio [7]. Además, la actividad minera puede llegar a ser una práctica ambientalmente amigable y sostenible. Es posible que la minería se convierta en un modelo del sector industrial economi-

camente viable, ambientalmente sensible y socialmente responsable, que produce beneficios sostenibles y descentralizados [5].

Es claro que la industria extractiva juega un papel importante para el desarrollo de muchos países que cuentan con cuantiosas reservas de minerales, proporcionando la mayoría de las materias primas de la industria y la construcción, como el hierro, el acero, el aluminio, siendo imprescindibles para el desarrollo de nuestra sociedad. Sin embargo, esta actividad ocasiona la generación de materia prima no conforme, que en muchos de los casos no se les da un tratamiento y disposición final adecuada; además del impacto al paisaje y ecosistema. Esto sin lugar a dudas representa hoy en día retos significativos. Dentro de estos retos se encuentran, la reducción de los impactos ambientales y sociales tales como emisiones contaminantes durante el periodo de actividad minera, la transformación del terreno y pasivos ambientales que se reflejarán en el futuro [9].

Es por esto, que un enfoque de desarrollo sostenible de la minería, precisa pensar en una relación ganar-ganar, dada por el equilibrio entre el impacto económico-social y medioambiental. Bajo estas premisas, para el año 2015 fueron publicadas por La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), las Normas UNE 22470:2015 y UNE 22480:2015. Estas Normas, plantean un Sistema de Gestión que tiene dentro de sus objetivos la mejora continua y el seguimiento y control de indicadores de sostenibilidad para la medición del desempeño.

En este sentido, la medición de las principales variables económicas, sociales y ambientales de este importante sector, cobra cada día mayor interés, por ser la vía más expedita para evaluar el desempeño de la gestión. En este campo, el uso de indicadores viene a representar una herramienta fundamental para medir el desarrollo sostenible deseado.

3. Indicadores de Gestión Sostenible

La importancia del sistema de indicadores para la evaluación del progreso alcanzado por el sector minero, radica en servir de base para contar con información clara y precisa acerca del estado, tendencia o cambio del ambiente y la actividad minera. Además, relaciona la actividad geológico - minera, con lo económico-social y la ambiental, brindando el estado sobre el deterioro, la contaminación del medio y la calidad de vida de la población generado por la misma [4].

Para el desarrollo de los indicadores de gestión de desarrollo sostenible de la Gerencia de Minería, se consideró el enfoque de sistema por cumplir con el propósito de la Norma UNE 22470 relacionado a la necesidad

imperante de la industria minera, del logro de una planificación normalizada de todas las actividades, integrando en todos sus ámbitos criterios ligados al desarrollo sostenible: medioambientales, sociales y económicos.

Esta Norma establece siete criterios que permiten la evaluación de la gestión minera. En cuanto a los criterios de la Categoría Económica se encuentran: (1) Seguridad de suministros para la satisfacción de la demanda del producto en un entorno próximo, medio o lejano; y (2) Utilización eficiente de los recursos naturales.

Estos criterios tienen como objetivo principal la gestión económica de la empresa, la inversión y desarrollo en mejora de sus procesos de extracción de mineral de hierro. Otro elemento importante, es la disponibilidad, manejo y control de insumos necesarios para la extracción del mineral de hierro.

Los criterios de la Categoría Social son tres: (3) Contribución al desarrollo económico de la comunidad; (4) Contribución al desarrollo social de la comunidad; y (5) Aplicación de medidas para promover y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores.

Esta categoría se enfoca en el recurso humano, en la que se busca la constante comunicación con las comunidades aledañas a las minas. Implica actividades que promueven la inclusión de la comunidad, inversiones en actividades de interés público, social o de interés para la comunidad, disponibles en el ámbito local.

Asimismo, considera garantía de servicios y apoyo a la comunidad, así como también la integración de la comunidad a la empresa con empleos directos e indirectos; planes de formación; seguridad y salud de los trabajadores en cuanto al control de los índices de accidentes.

Criterios de la Categoría Medio Ambiental: (6) Rehabilitación del espacio natural afectado; y (7) Aplicación de las mejores técnicas disponibles en la prevención y control integrados de la contaminación, así como en la gestión de residuos.

Este criterio se establece con la finalidad de preservar y cuidar el medio ambiente en cuanto a los desechos químicos, peligrosos y materias primas no conforme generada en el proceso de extracción de mineral de hierro, como es el caso de la limonita, considerada como el material estéril.

Posteriormente, se describe de forma individual cada uno de los componentes de la sostenibilidad, para realizar una clasificación de los indicadores. Se consideró los criterios y parámetros de la Norma UNE 22740, siendo de gran importancia en la investigación, ya que estos sirvieron como base fundamental para la depuración y establecimiento de los indicadores de gestión sostenible y su sistematización (Ver Tabla I).

Ahora bien, para la selección y clasificación de los indicadores de Gestión para la Extracción Sostenible del hierro, se tomó en consideración:

(1) Los criterios, clasificación y parámetros recomendados por la Norma UNE 22470 y 22480. (2) Las variables e indicadores establecidos por [10].

Tabla I. Criterios de Sostenibilidad para la Industria Minera

Categorías	Criterio	Parámetro
I. Económico	1. Seguridad de suministro para la satisfacción de la demanda del producto en un entorno próximo, medio o lejano. 2. Utilización eficiente de los recursos naturales.	Producción anual vendida (C) Ventas netas anuales (C)
		Inversión en I+D (C)
		Consumibles en la extracción y tratamiento de recursos minerales (C)
II. Social	3. Contribución al desarrollo económico de la comunidad. 4. Contribución al desarrollo social de la comunidad. 5. Aplicación de medidas para promover y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores.	Valor monetario de las contribuciones en forma de donaciones de la empresa a la comunidad (C). Comunicación con la Comunidad Local. Índice de respuesta social. Actividades puestas en marcha por la empresa que promueve la implicación de la comunidad (C). Inversiones en actividades de interés público, social o de interés para la comunidad (A). Consumibles y Servicios en el ámbito local (A).
		Empleo total directo (C). Empleo total indirecto (C). Índice de estabilidad en el empleo (A). Mano de obra local (A). Formación anual (C). Inversión en formación (A).
		Índice de frecuencia (C). Índice de incidencia (C). Índice de gravedad (C). Duración media de las bajas (C).
III. Medio ambiental	6. Rehabilitación del espacio natural afectado. 7. Aplicación de las mejores técnicas disponibles en la prevención y control integrados de la contaminación así como en la gestión de residuos.	Gasto total en medio ambiente (C)
		Consumo directo de energía en el proceso productivo (C) Consumo de energía procedente de fuentes renovables (A) Consumo neto de agua primaria (C) Consumo de agua reciclada (A) Superficie afectada por la actividad minera (C) Volumen afectado por la actividad minera (A) Superficie total rehabilitada a final de año (C) Sustancias muy tóxicas y tóxicas para el ser humano y los organismos vivos utilizados en el proceso productivo (A) Sustancias nocivas para el ser humano y/o que pueden provocar a largo plazo efectos negativos para el medio ambiente utilizadas en el proceso productivo (A) Incidentes medioambientales documentados (A) Residuos inertes vertidos en escombreras/ balsas/presas (C) Residuos mineros no peligrosos no inertes vertidos en escombreras, balsas o presas (C) Residuos mineros peligrosos vertidos en escombreras, balsas o presas (C) Productos intermedios en acopio temporal (A) Residuos mineros reutilizados y/o reciclados y/o valorizados y/o empleados en la restauración (C) Residuos industriales generados en el proceso productivo (C)

Fuente: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR; 2016)

Una vez aplicada esta herramienta se pudo establecer un total de 25 indicadores. Cabe destacar que se seleccionaron sólo los indicadores que eran relevantes en el control del Plan de Minas y se añadieron otros en el ámbito de la sostenibilidad recomendados por la Norma UNE 22470. (Ver Tabla II).

Tabla II. Indicadores Determinados

Dimensión	Nº	Nombre del Indicador
Económica	1	% Cumplimiento del Plan de Excavación de Mena (toneladas).
	2	% Cumplimiento del Plan de Excavación de MPNC (toneladas).
	3	% Cumplimiento del Plan de Carga de Vagones (Nº de vagones).
	4	% Cumplimiento de Relación Mena/MPNC.
	5	% Cumplimiento de Turnos por Operación.
	6	% Cumplimiento de Especificaciones de Calidad.
	7	% Cumplimiento del Plan de Desarrollo de Minas.
	8	% Cumplimiento del Plan de Perforación (metros).
	9	% Cumplimiento del Plan de Consumo de Explosivos (Kg).
	10	% Cumplimiento del Plan de Voladura (pz).
	11	% Cumplimiento del Plan de Disponibilidad de Equipos Mineros.
	12	% Cumplimiento del Plan de Uso de la Disponibilidad de Equipos Mineros.
	13	% Cumplimiento del Plan de Inversión en Equipos Mineros y Repuestos.
	14	% Cumplimiento del Plan de Inversión en I+D.
Medio Ambiental	15	% Cumplimiento del Plan de manejo de desechos peligrosos y materiales recuperables
	16	% Cumplimiento del Plan de disminución de afectación a cuerpos de agua.
	17	% Cumplimiento del Plan de disminución de emisiones de polvo por partículas generadas por el tránsito de equipos mineros.
	18	% Cumplimiento del Plan de Rehabilitación de superficies afectadas por la actividad minera.
	19	% Cumplimiento del Plan de Sensibilización en Materia Ambiental.
	20	% Cumplimiento del Plan de Reutilización y/o valorización y/o reciclado de residuos mineros.
Social	21	% Cumplimiento del Plan de formación de trabajadores en materia de seguridad, liderazgo, operación de equipos mineros, control de calidad.
	22	% Cumplimiento del Plan de evaluación y disminución de riesgos y accidentes laborales.
	23	% Cumplimiento del Plan de dotación de equipos de Protección Personal.
	24	% Cumplimiento del Plan de Empleo local (directo e indirecto).
	25	% Cumplimiento del Plan de Integración Empresa-Comunidad. CPI-EC

En la figura 1, se puede observar que de los 25 indicadores de sostenibilidad establecidos, el 56% de los indicadores representan la Dimensión Económica, que a su vez cuenta con 13 sub indicadores directamente relacionados con el proceso; 24% representan la Dimensión Social, en donde se establecieron 2 indicadores, compuesto a su vez por 5 sub indicadores; y 20%

representan la Dimensión Medio Ambiental, en donde se establecieron 3 indicadores que a su vez están determinados por 5 sub indicadores ambientales.

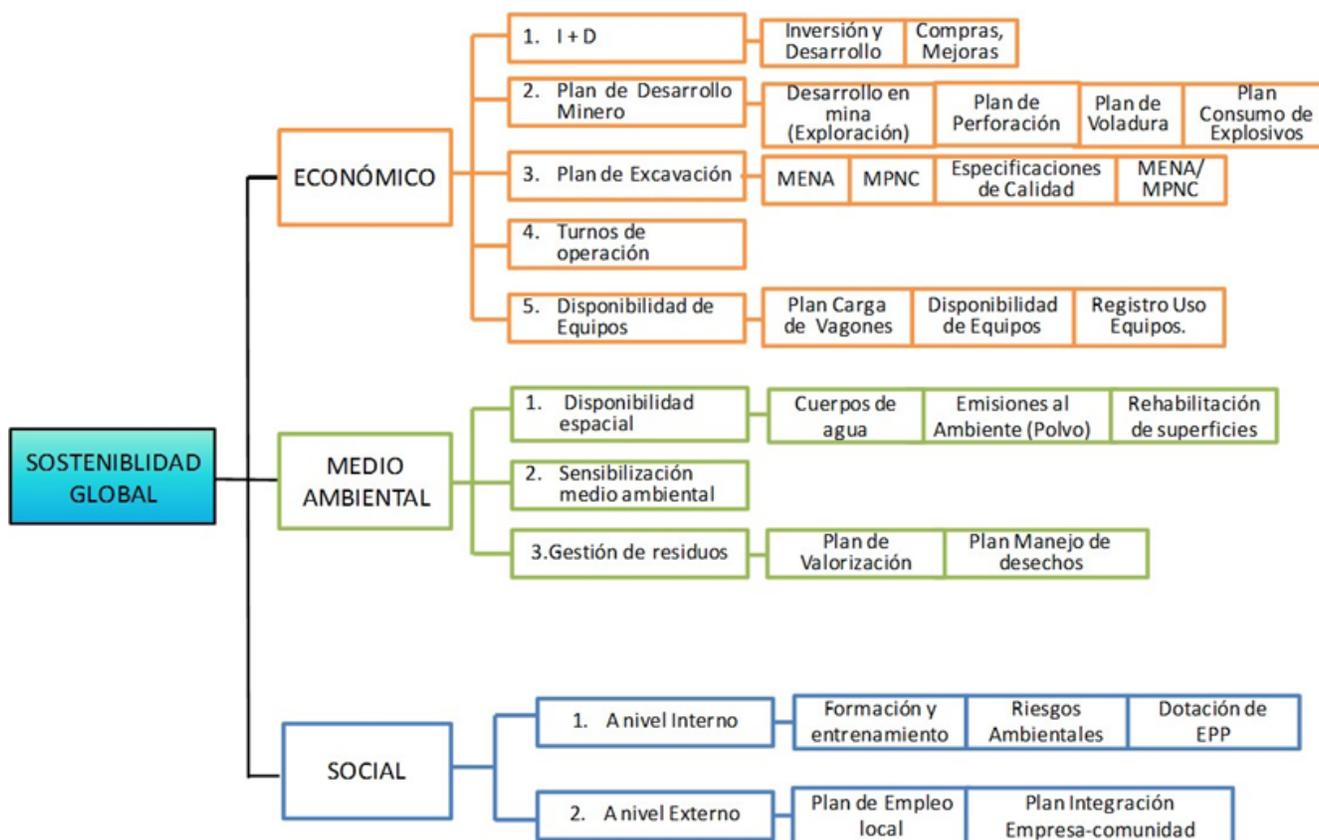


Figura 1. Indicadores de Gestión Minera Sostenible

3.1. Indicador de Sostenibilidad Global

Aunado a esto se elaboró la fórmula matemática de cada uno, en donde la sostenibilidad global está conformada por 3 indicadores (económico, ambiental y social) que a su vez están conformados por sub indicadores.

$$ISG = DE + DA + DS$$

Donde:

DE: Dimensión Económica.

DA: Dimensión Ambiental.

DS: Dimensión Social.

Dimensión Económica

$$DE = (I+D) + (PDM) + (PE) + (TH)$$

Donde:

I+D: corresponde a las inversiones planificadas y ejecutadas en exploración e investigación minera.

PMD (Plan Desarrollo Minero): es la sumatoria de los índices que resulten de la aplicación de las expresiones para obtener los indicadores de desarrollo en mina, perforación, voladura y el consumo de explosivos.

PE (Plan de Excavación): es el resultado de la aplicación

de la sumatoria de los indicadores MENA, MPNC, especificaciones de calidad y la relación MENA/MPNC.

TH (Turnos de Trabajo): es el indicador de los turnos de trabajo programados y cumplidos en horas hombres y disponibilidad operativa.

DE (Disponibilidad de Equipos): se obtiene de la sumatoria de los indicadores plan de inversión de equipos mineros (planificación/ejecución), programa de disponibilidad en su indicador y el % de uso de los equipos mineros.

Dimensión Ambiental

$$DA = (DE) + (SMA) + (GR)$$

Donde:

DE (Disponibilidad Espacial): que su vez es alimentado por cuerpos de agua, emisiones al ambiente, rehabilitaciones del terreno.

SMA (Sensibilización Medio Ambiental).

GR (Gestión de Residuos): alimentado por plan de valorización y plan de manejo desechos.

Dimensión Social

$$DS = (INI) + (INE)$$

Donde:

INI (Indicador a Nivel Interno): se alimenta de los sub indicadores formación y entrenamiento, riesgos ambientales y dotación de equipos de protección personal.

INE (Indicador a Nivel Externo): compuesto por los sub indicadores plan empleo local y plan integración empresa comunidad.

3.2.Semaforización y Ficha Técnica

Aunado a esto, se aplicó la herramienta del semáforo para medir el nivel de desempeño logrado por cada indicador a través del uso de colores, facilitando la toma de decisiones.

El uso de semáforos como elemento para visualizar el estado actual de los indicadores facilita la interpreta-

ción de los resultados. Este permite monitorear el desempeño de los objetivos comparándolos contra metas establecidas.

Cada uno de los valores del semáforo está asociado con los valores metas que han sido establecidos para la Gestión del Proceso de Extracción de Mineral TEU, Finos y Gruesos, contemplados en el Plan de Mina y los consecuentes Planes Operativos.

Se elaboró para cada indicador una ficha técnica en donde se podrán visualizar los siguientes aspectos: Nombre del Indicador; Categoría (económico, ambiental o social); Objetivo del Indicador; Expresión Conceptual; Expresión Matemática; Unidad de Medida (%); Frecuencia de Medida (mensual); Línea Base del Indicador; Meta del Indicador; y Fuente del Indicador (Ver Figura 2).

		Ficha técnica del Indicador	
Categoría:	Ambientales		
Nombre del Indicador	Reutilización y/o valorización y/o reciclado de residuos mineros.		
Objetivo:	Evaluar la efectividad de reutilización y/o valorización y/o reciclado de residuos mineros.		
Expresión Conceptual: Permite evaluar la relación de Reutilización y/o valorización y/o reciclado con respecto al proceso de extracción de mineral de hierro.		Expresión Matemática: $\% \text{ Reutilización} \frac{y}{o} \text{ valorización} \frac{y}{o} \text{ reciclado.}$ $= R_{\text{valor}} / P_{\text{valor}} * 100$	
		Donde: Valor = Total acciones de reutilización y/o valorización y/o reciclado de residuos mineros ejecutadas por mes. Valor = Total acciones de reutilización y/o valorización y/o reciclado de residuos mineros ejecutadas por mes.	
Unidad de medida:	Porcentaje (%)	Periodicidad:	Mensual
Rango de Desempeño			
Indicador No Aceptable	Indicador En Alerta:	Indicador Aceptable:	
≤ 60% ●	60% ≤ Resultado ≤ 80% ●	≥ 80% ●	
Fuente de Información:			
Plan de Responsabilidad Social.		Plan de Gestión Ambiental.	

Figura 2. Ficha Técnica del Indicador Ambiental.

4.Herramienta Informática de Medición de la Gestión Minera

En este apartado se describe la herramienta informática aplicada al manejo de los 25 indicadores para el Desarrollo Sostenible del Proceso de Extracción de Mineral de Hierro en el estado Bolívar. Este aplicativo de herramienta permitirá evaluar la sostenibilidad mi-

nera de manera sistémica, facilitando información dinámica y actualizada, para así generar análisis y acciones correctivas para el óptimo funcionamiento del Proceso Minero.

4.1.Estructura de la Base de Datos

Para la elaboración de la base de datos fue neces-

ria una estructuración de los datos de Producción suministrados por la Gerencia de Minería y la información contenida en el Plan de Minas (2017). Cada uno de los 25 indicadores fue establecido y clasificado en un archivo de Excel, de acuerdo a cada Dimensión (económico-social-ambiental). Para ello, se realizó un cuadro resumen con cada indicador y sub indicador.

A pesar de que el número de indicadores y sub indicadores establecidos varían por Dimensión, la ponderación asignada es uniforme. Esto indica el mismo rango de importancia para cada Dimensión (económica-social-ambiental).

Como primera dimensión se tiene el económico, el cual está conformado por 5 indicadores: I+D, Plan de Desarrollo Minero, Plan de Excavación, Turnos de Operación y Disponibilidad de Equipos. El peso asignado para cada indicador quedó determinado por el 100%

distribuido de manera uniforme entre los sub indicadores correspondientes. (Ver Tabla III).

Como segunda dimensión se tiene la ambiental, la cual está conformada por tres indicadores: Disponibilidad Espacial, Sensibilización y Gestión de Residuos, asignándoles una ponderación de 33,33% (Ver Tabla IV).

Como tercera dimensión se tiene la social, conformada por dos indicadores, Nivel Interno y Nivel Externo, asignándosele una ponderación de 50% a cada uno. El indicador Interno a su vez está conformado por tres sub indicadores: Formación y Entrenamiento, Riesgos Ambientales y Dotación de EPP con una ponderación asignada de 33,33%. El indicador Externo está conformado por dos indicadores: Plan Empleo Local y Plan Integración Empresa-Comunidad con una ponderación del 50%. (Ver Tabla V).

Tabla III. Ponderación Indicadores Económicos

Dimensión	Indicador	Ponderación del Indicador	Sub Indicador	Ponderación sub-indicador	Total
Económico	I + D (%)	20%	Inversión y Desarrollo	50%	100%
			Mejoras (Compras)	50%	
	Plan de Desarrollo Minero (%)	20%	Desarrollo en Mina	25%	100%
			Perforación	25%	
			Voladura	25%	
			Explosivos	25%	
	Plan de Excavación (%)	20%	MENA	25%	100%
			MPNC	25%	
			Especificaciones de calidad	25%	
			Relación MENA/MPNC	25%	
	Turnos de Operación	20%		100%	100%
	Disponibilidad de Equipos	20%	Carga de Vagones	33,33%	100%
			Disponibilidad de equipos	33,33%	
Uso de la disponibilidad de equipos			33,33%		
Total		100%			

Tabla IV. Ponderación Indicadores Ambientales

Dimensión	Indicador	Ponderación del Indicador	Sub Indicador	Ponderación del Sub Indicador	Total
Ambiental	Disponibilidad espacial	33,33%	Cuerpo a Agua.	33,33%	100%
			Emisiones al Ambiente (polvo)	33,33%	
			Rehabilitación de Superficies.	33,33%	
	Sensibilización	33,33%	Acciones de Sensibilización	100%	100%
	Gestión de Residuos	33,33%	Plan de Valorización	50%	100%
Plan de Manejo de Desechos.			50%		
Total		100%			

Tabla V. Ponderación Indicadores Sociales

Dimensión	Indicador	Ponderación del Indicador	Sub Indicador	Ponderación del sub Indicador	Total
Social	Interno	50%	Formación y Entrenamiento	33,3%	100%
			Riesgos Ambientales	33,3%	
			Dotación de EPP	33,3%	
	Externo	50%	Plan Empleo Local	50%	100%
			Plan Integración Empresa-Comunidad	50%	
Total		100%			

4.2. Descripción de los Indicadores a través de la Herramienta Microsoft Excel®.

Para el procesamiento de los 25 indicadores de desarrollo sostenible, se procedió a realizar un formulario digital con la ayuda de la herramienta Microsoft Excel®, en donde se podrá visualizar de manera general un menú principal, que tendrá como objetivo mostrar los indicadores Económicos, Ambientales, Sociales y el Indicador Global.

Cabe señalar, que muchos de los datos procesados son ficticios, debido a que son datos considerados confidenciales para la industria y/o no se llevan en la actualidad. Sin embargo, en este punto se evidencia la eficacia

de la herramienta informática para generar indicadores parciales y globales que permiten medir el desarrollo sostenible de la explotación del hierro.

A continuación se muestra en la figura 3, el menú automatizado de controles digitales mediante la utilización de macros.

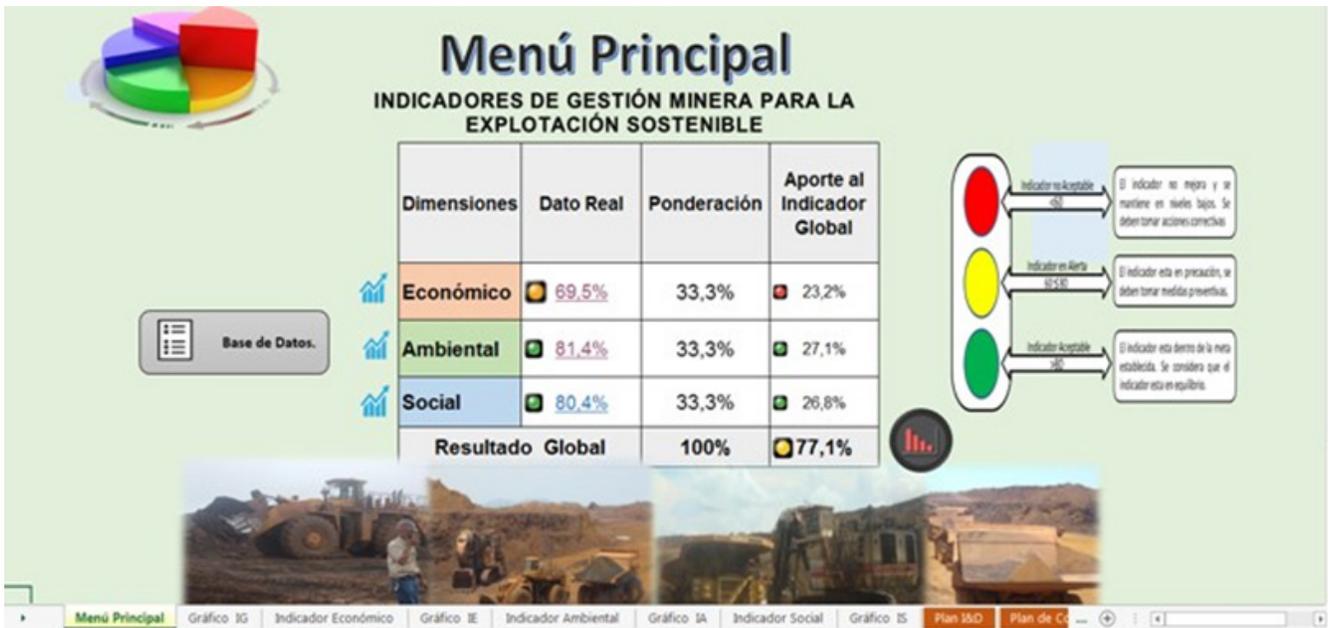


Figura 3. Captura de Pantalla de Menú Principal.

A continuación se describe la información contenida en el Menú Principal:

4.2.1. Base de Datos

Contiene todos los datos que alimentará a los indica-

dores y sub indicadores establecidos.

Estos datos son tomados de los Planes de Minas e Informes de Gestión mensual presentados por cada una de las Áreas y Superintendencias adscritas a la Gerencia de Minería – Ciudad Piar (Ver Figura 4).

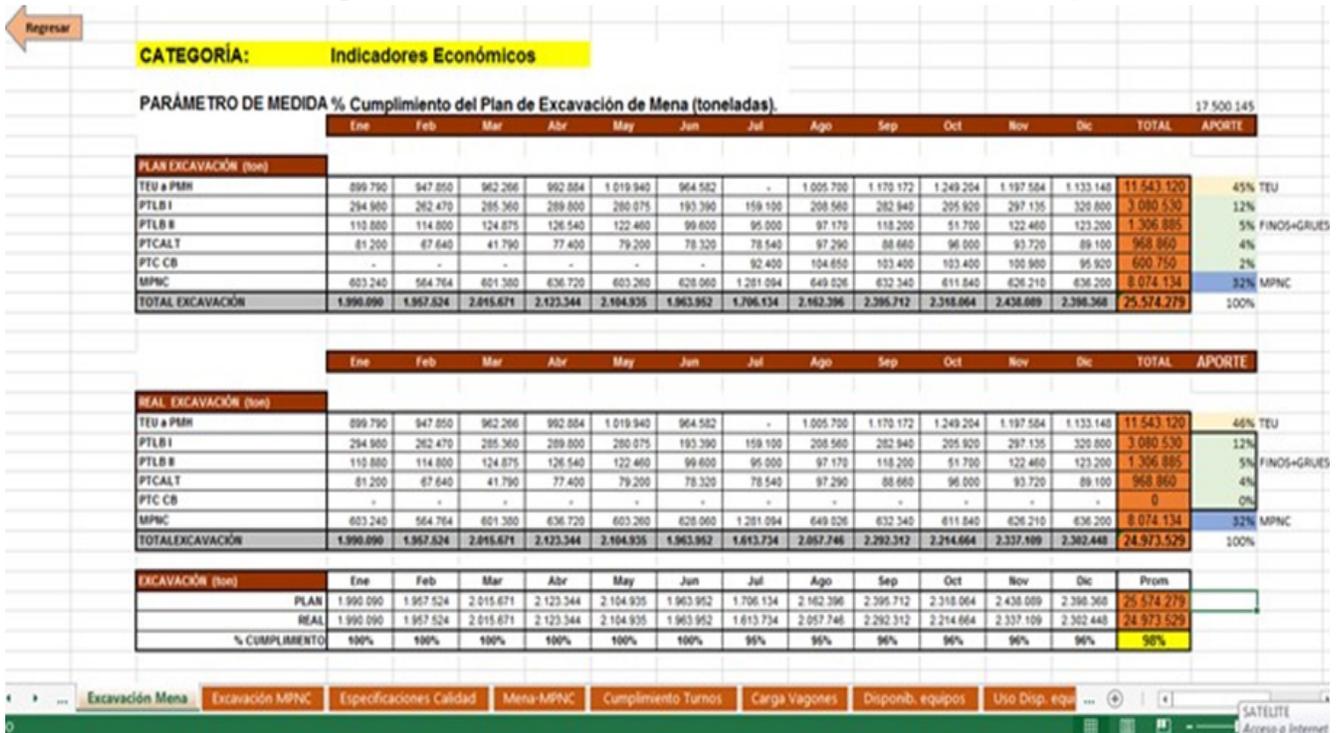


Figura 4. Base de datos de los indicadores.

4.2.2. Resultado por Dimensión

En esta pantalla se presentan los indicadores y sus sub-indicadores, la ponderación o pesos establecidos para cada uno, los porcentajes reales y la contribución al Total por Dimensión. Así por ejemplo se tiene el porcentaje real arrojado por cada Dimensión: Económica-Social-Ambiental (Ver Figura 5).

En esta figura se visualiza la base de datos del indicador Económico la cual tiene una flecha de regreso al menú principal.

De igual manera se muestra un icono de gráfico que muestra el correspondiente gráfico por Dimensión y para el Indicador Global según sea el caso (Ver Figura 6).

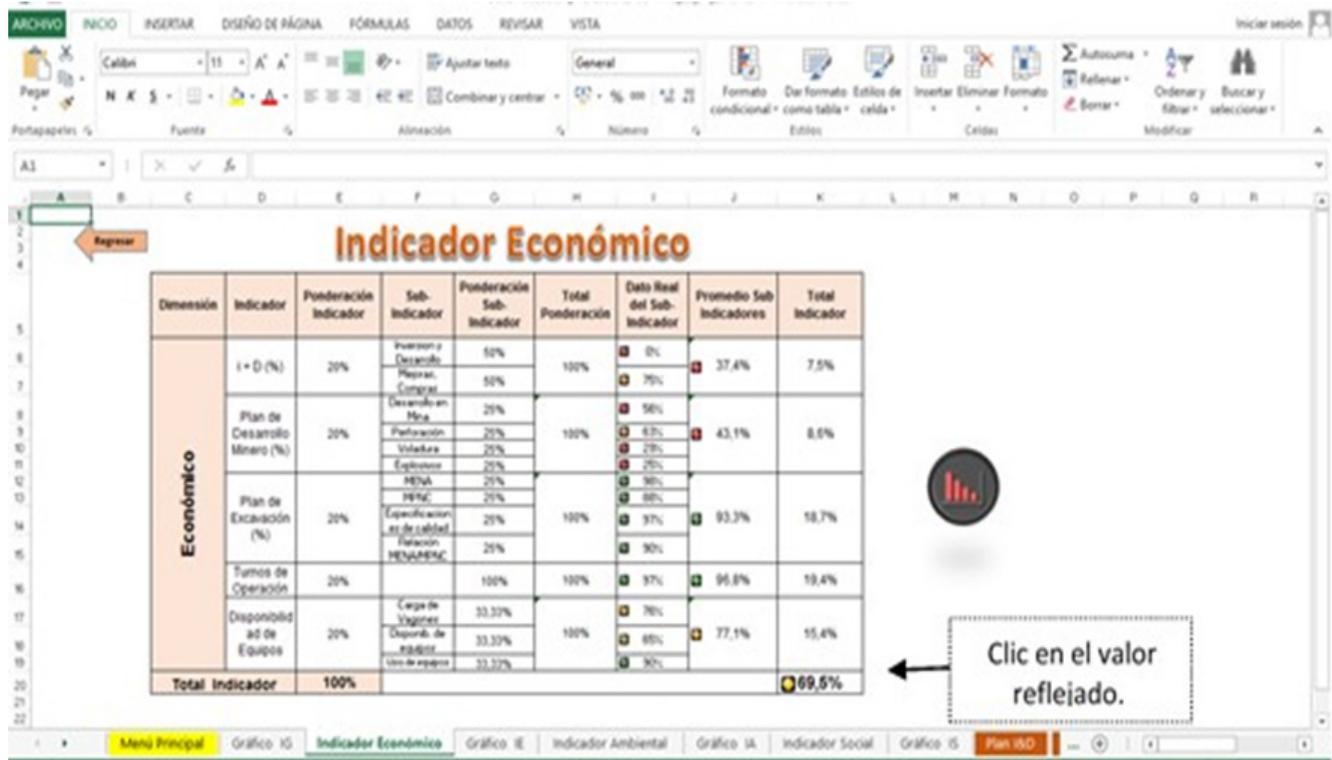


Figura 5. Resumen de indicadores por Dimensión



Figura 6. Resumen de indicadores por Dimensión.

4.2.3. Resumen Global

Asimismo, se presenta un Resumen Global para cada indicador y sub indicador, reflejando el nombre y el valor real arrojado (%), vinculado con la Base de Da-

tos individual (Ver Figura 7). Se puede visualizar que el formulario tiene una flecha que permita el regreso al Menú Principal.



DIMENSIÓN	Sub Indicador	Sub Sub-Indicador	Dato Real (%)
Económicos	I + D	Inversión y Desarrollo	0%
		Plan de Compras	75%
	Plan de Desarrollo Minero	Desarrollo en Mina	56%
		Plan de Perforación	63%
		Plan de Voladura	29%
		Consumo Explosivos	25%
	Plan de Excavación	Excavación MENA	98%
		Excavación MPNC	88%
		Especificaciones de calidad	97%
		Relación MENA/MPNC	90%
	Turnos de Operación	Turnos de Operación	97%
	Disponibilidad de Equipos	Carga de Vagones	76%
		Disponib. de Equipos	65%
Uso de equipos		90%	
Ambiental	Disponibilidad espacial	Cuerpo de Agua	85%
		Emisiones al Ambiente (polvo)	75%
		Rehabilitación de Superficies	70%
	Sensibilización	Sensibilización	80%
	Gestión de Residuos	Plan de Valorización	85%
		Plan de Manejo de Desechos	90%
Social	Interno	Formación y Entrenamiento	80%
		Riesgos y Accidentes Laborales	75%
		Dotación de EPP	80%
	Externo	Plan Empleo Local	75%
		Plan Integración Empresa-Comunidad	90%



Figura 7. Resumen de Indicadores y Sub indicadores por Dimensión

En este sentido, cuando se habla de sistema integrado de indicadores sostenibles, se plantea la necesidad de medición de las principales variables, no sólo las asociadas a la producción, pasando por todas las áreas operativas de exploración-perforación-voladura-extracción-acarreo y trituración, sino las asociadas a la calidad, seguridad, ambiente y sociedad, en una visión integral. Esto conduce a la optimización de la gestión, unificando objetivos, esfuerzos y recursos en pro de la calidad total.

III. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación realizada en el ámbito de la sistematización de indicadores de gestión para la extracción sostenible del hierro en el estado Bolívar, se tienen las siguientes conclusiones:

- La determinación, análisis y establecimiento de los criterios de sostenibilidad en minería, tuvo como base la Norma UNE 22480:2008 - UNE 22470:2015, relacionados con los principios de las Normas de Gestión

como ISO 9001-ISO 14001 y OHSAS 18001. Estos criterios están relacionados con: seguridad de suministros para la satisfacción de la demanda; utilización eficiente de los recursos naturales; contribución al desarrollo económico y social de la comunidad; aplicación de medidas para promover y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores; rehabilitación del espacio natural afectado; y aplicación técnicas en la prevención y control integrados de la contaminación y gestión de residuos.

- Tomando como base los criterios de sostenibilidad antes mencionados, la revisión de los principales parámetros encontrados en los Planes de Mina y de Producción y las variables e indicadores del Proceso de Extracción de hierro determinado por [10], se establecieron un total de 25 indicadores de gestión para la extracción sostenible del hierro. De estos, 14 pertenecen a la Dimensión Económica, 6 a la Dimensión Ambiental y 5 a la Dimensión Social. Sin embargo, el peso asignado para cada indicador y sub indicador fue asignado de manera uniforme, partiendo de la consideración de

igualdad en el nivel de importancia para las tres dimensiones.

•Para cada indicador se elaboró una Ficha Técnica que permitió establecer información relevante relacionada con: objetivo del indicador, expresión conceptual, expresión matemática, rango de desempeño, fuente de información, entre otros.

•La utilización de la herramienta Microsoft Excel, permitió la sistematización de los 25 indicadores de gestión para la extracción sostenible del hierro, basada en una base de datos construida para tal fin. Esta sistematización muestra un Menú Principal en donde se visualiza el estado de cada indicador por Dimensión y el Indicador Global. Esto le permitirá a la Gerencia de Minería de Ferrominera, evaluar la evolución del proceso de manera sistémica e integrada y el impacto de cada variable.

IV.REFERENCIAS

- [1]AENOR (2010). Norma UNE 22470 “Indicadores de Gestión Minera Sostenible”. España: AITEMIN Centro Tecnológico. Recuperado de: <http://ingenieros-deminas.org/documentos/Gestion%20Minera%20Sostenible/NORMA%20UNE%2022470%20INDICADORES%20J-obis.pdf>
- [2]CVG FERROMINERA ORINOCO (2014). Plan de Minas Quinquenal período: 2014 -2018. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ingeniería de Mina, Jefatura de Área de Planificación de Mina. Ciudad Piar.
- [3]----- (2014). Plan de Minas Anual 2016. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ingeniería de Mina, Jefatura de Área de Planificación de Mina.
- [4]Guerrero, A. (2003). Sistema de Indicadores Mineros para la Explotación Sostenible de los Recursos Minerales. Tesis Doctoral, Buenos Aires Argentina. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2235/223516049004.pdf>.
- [5]Hoskin, W. (2000). Cierre de minas: El enfoque del siglo XXI. Informativo mensual de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y energía / Año X – No 4. Perú.
- [6]Jiménez, J. (2003). Revista de expresión Cultural. Argumentos que hacen Inaceptable la Minería a Cielo Abierto. [Revista en línea.], 1 (1). Consultado el 9 de marzo de 2017 en: <http://www.elsalmon.co/2013/02/argumentos-que-hacen-inaceptable-la.html>
- [7]Martínez J. (2002). Minería y Desarrollo Sostenido. Visión Brasil. (Villas Boas R. y Beinhoff C. Editores). En: Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral. Carajás Brasil: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq/CYTED. Autor 493 -515. Recuperado de: http://www.cetem.gov.br/publicacao/livros/IndicadoresSostenibilidade_LivroCompleto.pdf
- [8]Montero, J. (2001). Memorias del cuarto congreso de Minería y geología. Cuba.
- [9]Pachón, T. (2014). Ensayo Minería Sostenible. [Documento en línea.] Disponible: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12269/1/MINERIA%20SOSTENIBLE,%20EL%20RETO.pdf>.
- [10] Salomón, L. (2016). Optimización de sistemas de acarreo del mineral en minas a cielo abierto. Caso CSV FERROMINERA ORINOCO. Informe de Pasantía, Universidad Politécnica Antonio José de Sucre, Puerto Ordaz, Venezuela.