

**REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
FACULTAD DE GEOLOGIA Y MINERIA**

TESIS DE MAESTRIA
**EN OPCIÓN AL TITULO DE MASTER EN PROTECCION DEL MEDIOAMBIENTE Y
LOS GEORECURSOS**
Mención Ingeniería Ambiental

**TITULO: Estudio de la Calidad Ambiental en el Taller de Fundición de
la Empresa Mecánica del Níquel**

AUTOR: Ing. Félix Ariel Morales Rodríguez.

TUTOR: Dr.C. Eulicer Fernández Maresma.

Moa - 1999

RESUMEN

La protección del medio ambiente se ha convertido, en los últimos años, en una de las cuestiones que más inquietan a la humanidad. Los grandiosos medios técnicos de que dispone el hombre para explotar las riquezas naturales, el acelerado desarrollo de la economía y el crecimiento de la población han dado lugar a consecuencias indeseables para la humanidad, por lo que en el trabajo en su primera parte se realiza un análisis de los elementos de la contaminación en los talleres de fundición.

En el trabajo se presenta el estudio de la contaminación por polvo de los talleres de fundición, analizándose las fuentes contaminantes que se producen durante el proceso productivo y los efectos de los polvos contaminantes, así como los tipos que se produce y su efecto sobre el ser humano. Por otro lado se dan las ecuaciones que regulan el proceso de precipitación de los polvos.

En la otra parte del trabajo se dan los métodos utilizados para la determinación de las cantidades de polvo sedimentable presentes en los talleres de fundición, así como la naturaleza del mismo y su granulometría. Se realiza la evaluación cualitativa de los talleres de fundición a partir de los contaminantes fundamentales determinado durante la realización del trabajo, así como el riesgo existente por la sílice presente como elemento fundamental del polvo medido.

INDICE

Introducción.....	1
1. Enfoque en los estudios de la calidad ambiental.....	1
2. Formulación del problema.....	2
3. Hipótesis.....	2
4. Metodología de la investigación.....	4
Capitulo I. Antecedentes y revisión bibliográfica.....	6
1.1 Antecedentes.....	6
1.2 Revisión bibliográfica.....	7
Capitulo II. Características de taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.....	22
2.1 Ubicación del taller de fundición.....	22
2.2 Características constructivas del taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.....	23
2.3 Características del proceso productivo del taller de fundición.....	25
2.3.1 Sección de preparación de mezclas para moldes y machos.....	25
2.3.2 Zona de los hornos de fusión.....	26
2.3.3 Area de limpieza y acabado.....	27
2.4 Elementos para evitar los riesgos ambientales previstos en el proyecto del taller de fundición.....	28
2.4.1 Sistema para la seguridad e higiene del trabajo.....	29
2.4.2 Sistema de riesgos contra accidentes aéreos.....	29
2.5 Medidas recomendadas en el proyecto para la protección del aire atmosférico en el taller de fundición.....	29
Capitulo III. Evaluación de los efectos sobre el medio ambiente en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.....	31
3.1 Determinación de la contaminación atmosférica en el taller de fundición.....	32
3.1.1 Toma de muestra para la determinación del contenido de polvo en la atmósfera del taller.....	34
3.1.2 Determinación de los lugares que emiten los contaminantes y su medición durante el proceso de producción del taller de fundición.....	36
3.2 Determinación de las características de los polvos.....	40

3.2.1 Determinación de la composición mineralógica de las partículas de polvo.....	40
3.2.2 Determinación de la granulometría de las partículas.....	41
3.3 Afectaciones por contaminación de las aguas.....	42
3.4 Afectaciones por la contaminación por ruido en el taller.....	43
Capítulo IV. Valoración de las afectaciones en el taller de fundición de la Empresa	
Mecánica del Níquel.....	46
4.1 Análisis de los resultados y valoración de la calidad ambiental en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.....	46
4.1.1 Afectaciones por polvo en el taller de fundición.....	47
4.1.2 Valoración de las afectaciones por ruido.....	49
4.1.3 Contaminación de las aguas en el taller de fundición.....	50
4.2 Valoración cualitativa de la calidad ambiental de los talleres de fundición.....	51
4.3 Lineamientos generales para el sistema de gestión ambiental.....	55
Conclusiones y recomendaciones.....	58
Bibliografía.....	65
Anexos	

INTRODUCCION

Para valorar la influencia del proceso productivo de los talleres de fundición, sobre el medio ambiente es importante conocer la concentración de las sustancias contaminantes que se vierten a la atmósfera en las diferentes áreas del taller, los niveles de ruidos y de radiaciones, a que se encuentran sometidos los trabajadores y las maquinas, el uso y destino de las aguas residuales, así como de los desechos sólidos que se producen.

1. Enfoque a los estudios de la calidad ambiental en los talleres de fundición.

El Artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba dispone que "El Estado protege el Medio Ambiente y los Recursos Naturales del País"; reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

En el trabajo se desarrollara la evaluación de la calidad ambiental en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, que permitirá su aplicación posterior en otros talleres, los resultados obtenidos se podrá aplicar en las empresas donde aún no se haya realizado la evaluación del impacto ambiental, ni existen los estudios de auditorias ambientales anteriores o como un elemento para los estudios de la calidad ambiental en estos tipos de talleres. El desarrollo del trabajo se realizará sobre la base de los elementos existentes en la bibliografía a consultar, no existiendo en general en Cuba tradición en estos tipos de estudios, para lo que se realizaran las adaptaciones necesarias a las condiciones concretas para la evaluación de la calidad ambiental en los talleres de fundición.

Como elementos a utilizar en el desarrollo, así como en la aplicación de la metodología a emplear, se tendrá como premisa lo planteado en el Reglamento para las Inspecciones Estatales en Cuba en la Ley 81 de 1997, que entre otras cosas se plantea: *“Coadyuvar a que tanto las actividades de producción de bienes como de prestación de servicios se realicen de modo que propendan a la protección del medio ambiente y al logro de las metas de un*

desarrollo sostenible”, en otra parte se recoge: *“Disponer las medidas que correspondan para garantizar la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos”*.

2. Formulación del problema

La influencia del proceso productivo de los talleres de fundición sobre el medio ambiente es diversa e incluye tanto al medio ambiente atmosférico, como su influencia en el medio ambiente laboral sobre las maquina y el hombre, así como la contaminación por la generación de residuos, los niveles de ruido y siendo baja la contaminación producida sobre: el agua y el suelo. El problema a resolver será:

- *Diagnosticar y evaluar la situación de la calidad ambiental en los talleres de fundición.*

3. Hipótesis

Nuestro país como signatario de la Agenda 21, no ha estado ajeno a las tendencias de la humanidad y se ha estado proponiendo y llevando a cabo una serie de medidas para la protección de la naturaleza y el medioambiente. La Constitución de la República de Cuba en el apartado dedicado a los “Fundamentos Políticos, Sociales y Económicos del Estado” en su artículo 27 establece el deber de las instituciones estatales y de toda la población de proteger la naturaleza y el medio ambiente.

Nos corresponde diseñar y organizar un conjunto de medidas teórico-prácticas y funcionales encaminadas a lograr, que se desarrollen las herramientas eficaces para trabajar en la temática de protección del medio ambiente y se adapten a las condiciones de las empresas, en pos de portar, transmitir y ejercer la cultura ambiental como una necesidad imperiosa para garantizar el desarrollo sano del hombre mediante el ordenamiento de las diversas formas, así como en el uso y explotación del medio circundante y los recursos naturales. Con la protección del hombre, las máquinas, los equipos e instalaciones y logrando la preocupación constante por: la recuperación, el tratamiento y el uso de los residuales, procedentes de los procesos tecnológicos de fabricación, el uso de las tecnologías de recuperación de piezas y velando por la disminución de la influencia del

medio circundante en la corrosión de los metales, así como por el reciclaje de los desechos como premisas fundamentales para el desarrollo progresivo con una economía sustentable.

Las emanaciones que se originan como producto de las diferentes operaciones en los talleres de fundición, molesta al hombre y con ellas se trasladan los contaminantes al medio ambiente del taller. Los polvos que se producen pueden ser; tóxicos, inflamable, abrasivos, etc. afectando la comodidad laboral según el trabajo de (Siska en 1989), se establece que influyen directamente en la misma los valores tales como: la temperatura del aire, humedad del aire, velocidad del viento, presión barométrica, irradiación del calor, composición química del aire, contaminación atmosférica, intensidad luminosa, ruido, etc. Para el desarrollo de este trabajo se plantea la hipótesis siguientes:

- *El proceso productivo de los talleres de fundición son las causas que provocan la disminución de la calidad ambiental de estos y del medio circundante, si no se emplean los sistemas de recolección de polvos y gases adecuados y se garantiza una ventilación natural o forzada en estas instalaciones.*

¡Error! Marcador no definido. En el trabajo se estudiarán los aspectos planteados en la hipótesis, determinando su alcance, los aportes y recomendaciones para la solución, atenuar o mitigar los efectos negativos sobre el medio ambiente en las áreas de los talleres de fundición y en especial sobre el hombre y las máquinas. Para ello se proponen los siguientes objetivos a cumplir en el desarrollo del trabajo:

- *Caracterizar la calidad ambiental del taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel producto del polvo, los gases y el ruido.*
- *Evaluar los principales focos de contaminación ambiental del taller de fundición en las condiciones actuales y definir las vías para su control y/o mitigación.*
- *Establecer una metodología que permita el diagnóstico, la regulación y el control de la calidad ambiental en los talleres.*

4. Metodología de la investigación

En el desarrollo del trabajo para la evaluación de la calidad ambiental en los talleres de fundición, se seguirán las fases o etapas metodológicas, las cuales se pueden resumir en:

- **Metodología de los estudios a realizar.**
- **Definición del alcance.**
- **Identificación de las fuentes que producen la disminución de la calidad ambiental.**
- **Caracterización de los contaminantes.**
- **Determinación de los contaminantes en el taller de fundición.**
- **Recomendar los lineamientos generales para un sistema de gestión ambiental.**

Metodología de los estudios a realizar: La tarea consiste en mostrar lo novedoso y aún poco utilizado en los talleres de fundición en Cuba, de los estudios ambientales de nuevo tipo, que se vienen realizando en otras esferas económicas y en otros países. Con esta metodología se dará la descripción para la caracterización de la calidad ambiental en estas instalaciones de acuerdo a los trabajos realizado por (del Hierro y de los Heros en 1993, Ternero y Sequeiras en 1996 y Morales, Pino y otros en 1997). Estableciendo para la evaluación de la calidad ambiental de los talleres de fundición de dos criterios fundamentales: incidencias medioambientales y gestión medioambiental de las diferentes secciones del taller.

Definición del alcance: estará encaminado a determinar las interacciones que existen entre el proceso productivo y la calidad del ambiente en el taller, analizando todo las operaciones, manejo y uso de los materiales o cualquier otra intervención desde la recepción de las materias primas hasta la salida de las piezas terminadas, que pueda tener repercusión en el medio ambiente como se analizan en los trabajos de (Arteche, Martínez y Montes en 1995, del Hierro y de los Heros en 1995, Santos, Gavitan y Korkowskin en 1994 y Casas en 1994).

Identificación de las fuentes que producen la contaminación ambiental: se definen como fuentes todos los elementos que desencadenen impactos o deterioro de la calidad ambiental,

para ello se realizaran las mediciones necesarias, de aquellos elementos que tengan mayor incidencia durante la realización de la evaluación en las diferentes áreas del taller de fundición, utilizando como elementos iniciales las experiencias existentes en los trabajos de (Casas en 1994, del Hierro y de los Heros en 1993, Alvarez en 1987 y el Instituto del Fierro y el Acero en 1975).

Caracterización de los contaminantes: consiste en determinar los tipos de contaminantes que se emanen, sus fuentes fundamentales como son las operaciones: productivas, de limpieza, de mantenimiento, etc. valorando las interacciones entre el taller y los receptores potenciales, como se analizó en los trabajos publicados (de los Hierros y de los Heros en 1993, las normas cubanas NC 19-01-03: 1987, NC 19-01-31: 1987, Letayf en 1994).

Determinación de los contaminantes en el taller de fundición: medición de los contaminantes que se producen durante el proceso productivo y definir cuales no cumplen con los requerimientos y regulaciones establecidas o aquellas que causen un verdadero daño a la calidad ambiental del taller de fundición, según aparece para otros tipos de procesos productivo en los trabajos realizados por (CESIGMA en 1995, Sequeria y Cortés en 1990, Siska en 1986, Velazco en 1989 y Letayf en 1994), así como lo normado para estos estudios entre otras por las normas cubanas (NC 19-01-03, NC 19-01-06: 1983).

Recomendar los lineamientos generales para un sistema de gestión ambiental: para lo cual se propondrán algunas soluciones a los problemas detectados, con el objetivo de corregirlas hasta donde sea técnicamente posible, ecológicamente necesaria y económicamente ventajosa, así como las medidas para la mitigación, para lograr una calidad ambiental satisfactorias o de equilibrio razonable. Estas medidas tendrán un carácter técnico-productivo, económico y organizativo, como antes realizaron en sus trabajos (Guardado en 1996, Siska en 1986, el Centro de Estudio Monetarios Latinoamericano en 1988 y los lineamientos al respecto que recoge la Ley # 81 “Ley de Minas” de la República de Cuba).

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes de los trabajos para la evaluación de la calidad ambiental

La protección del medio ambiente se ha convertido, en los últimos años en una de las cuestiones que más inquietan a la humanidad. Los medios técnicos de que dispone el hombre para explotar las riquezas naturales, el acelerado desarrollo de la economía y el crecimiento de la población han dado lugar a consecuencias indeseables para la humanidad tales como: el agotamiento de los recursos naturales, la contaminación ambiental, los ruidos, la pérdida de los valores estéticos del medio circundante y la merma acelerada del fondo genético, entre otros.

El desarrollo de las naciones incluye el aumento de la población, de la urbanización, de la industrialización, del uso de los medios de transporte, entre otros, los que han participado muy activamente en la degradación del ambiente. Parte de la degradación, es ocasionada por la llamada “*contaminación ambiental*” (del aire, del agua, del suelo, deterioro del paisaje, el ruido) que se deben a la presencia de sustancias, radiaciones energéticas, ruido, en concentraciones tales y de tal duración que ocasionan discretas o indirectamente efectos desfavorables y nocivos al hombre, a los animales, a la vegetación, los materiales y a las maquinas.

Los contaminantes emitidos por las diferentes fuentes se pueden: incorporar a la atmósfera, dispersar, modificar y/o concentrar su composición, en dependencia de:

- ❖ Condiciones meteorológicas: velocidad y dirección del viento, nubosidad, época del año, hora del día, latitud, intensidad solar, temperatura.
- ❖ Condiciones topográficas: montañas, edificaciones.
- ❖ Química atmosférica: tipo de sustancia, fotoquímica.

Cada impacto generados por las fuentes contaminantes, produce diversos grados de daño en los componentes del ambiente físico y socio-económico, la magnitud del daño depende de factores tales como:

- Intensidad de la exposición (tiempo y concentración).
- Susceptibilidad del receptor (humano, animales, vegetales, edificaciones y maquinas).
- Factores genéticos.
- Estado del receptor.
- Mecanismos de acción del contaminante en el receptor
- Factores climáticos.

A estos aspectos dirigiremos fundamentalmente la búsqueda bibliográfica, para el desarrollo del trabajo a realizar en la evaluación de la calidad ambiental de los talleres de fundición, al estar presente en estos talleres un gran número de estas afectaciones.

1.2 Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se dirigió a obtener:

- *La información con el enfoque teóricos, prácticos y metodológicos sobre los estudios ambientales.*
- *A los trabajos realizados sobre los estudios de la contaminación ambiental en los procesos industriales en especial en las empresas siderúrgicas.*
- *La información de los parámetros que se establecen para caracterizar la calidad ambiental en los procesos industriales.*

Los trabajos de (Drobney y Smith y de Warner y Preston, 1974, de Jain y Urban, 1975 y Carter, 1977), realizaron los estudios sobre los métodos para el análisis de los impactos ambientales y propusieron para la evaluación de los impactos en cinco clases: Listas de Verificación, Matrices, Procedimientos Ad hoc, Sobreposiciones y Redes. En los métodos propuestos para este trabajo se seleccionara el uso de las listas de verificaciones, por su flexibilidad y el nivel de información que brinda para el análisis de la contaminación en los talleres de fundición, así como para la evaluación cualitativamente la calidad ambiental en los mismos.

Los estudios realizados en el trabajo (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, 1975) en varias empresas Siderurgia de Iberoamérica sobre las afectaciones al medio ambiente por los procesos y operaciones que se efectúan en las industrias siderúrgicas, analizando desde la recepción de la materia prima hasta la salida del producto terminado. Considerando en el trabajo los efectos de los talleres complementarios de la industria siderúrgica como son los de: aglomeración, fundiciones de piezas, fabricación de ferroaleaciones y refractarios.

En el trabajo se expresa que en las fundiciones existen determinados departamentos que se encuentran con mayor o menor grado de desarrollo en cada una de ellas, cada uno de los cuales presentan su influencia en la calidad ambiental y por lo tanto sus peculiaridades para los sistemas de limpiezas de los contaminantes. Estos departamentos son los de; preparación de mezclas de moldeo, fabricación de moldes y machos, fusión, vertido, limpiezas de las piezas, fabricación de modelos, reparación de piezas fundidas y trabajos de mantenimiento.

Sin embargo, en las fundiciones existen diferencias entre ellas, con relación al tamaño de las piezas producidas, que puede ir desde unos pocos kilogramos hasta varias toneladas, así como con respecto a las aleaciones fundidas, ya sean; fundición gris, acero o metales no ferrosos. Otro aspecto a tener en cuenta es el grado de mecanización de los talleres, los que pueden ser elevados o nulos utilizando totalmente el trabajo manual. En realidad cada fundición tiene sus características individuales determinadas y específicas, por lo que las necesidades en cuanto a los sistemas de depuración a utilizar pueden diferir de unos a otros.

Es necesario el estudio de las fuentes de contaminación existente en cada departamento con el objetivo de poder seleccionar los equipos de depuración de gases apropiados para cada uno de las áreas del taller.

En los departamentos de fusión puede señalarse como el equipo causante de la mayor contaminación atmosférica al horno de cubilote. En la mayoría de los países donde se están tomando medidas cada vez más severas contra la contaminación atmosférica, los cubilotes han sido elegidos por los inspectores de control como uno de sus primeros objetivos a inspeccionar. Esto no debe sorprender, ya que, generalmente, los hornos de cubilotes son los

equipos de mayor altura visibles desde el exterior de los talleres de fundición y al menos aparentemente, emiten la mayor parte de los gases y humos.

En las fundiciones de hierro fundido las emisiones de los hornos de cubilotes incluyen gases, polvos, vapores de aceites entre otros. El polvo se origina por las suciedades presentes en la carga metálica y por los finos de coque y la caliza. Los vapores de aceites fundamentalmente proceden de la evaporación y/o combustión parcial de los aceites y grasas de las chatarras en la carga. En los gases del cubilote hay cantidades también grandes de CO, que se controlan quemando los gases de escape. Las emisiones de los hornos eléctricos consisten fundamentalmente en los humos metalúrgicos (con partículas metálicas), a continuación se muestran las emanaciones medias en algunos tipos de hornos durante la fusión de los hierros fundido:

Tipo de horno	Partículas (Kg/t de metal)	CO (Kg/t de metal)
Cubilote	8,5	72,5
Reverbero	1,0	4,5
Inducción	0,75	Despreciable

Las emisiones de los cubilotes están compuestas de una gran variedad de contaminantes, siendo los más difíciles, desde el punto de vista de depuración, los óxidos metálicos, que pueden tener su tamaño inferior al micrón, los hidrocarburos no quemados, el monóxido de carbono. En la tabla I, se muestran la distribución granulometría de las partículas emitidas en los hornos de cubilotes donde se observa que las partículas de mayor tamaño constituyen los mayores por ciento.

Tabla I. Distribución granulometría de las partículas en las emisiones en los hornos de cubilotes

Nº	Tamaño de partícula (µm)	% en peso.		
		(1)	(2)	(2)
1	0 – 5	17,2	18,1	23,6
2	5 - 10	8,5	6,8	4,3
3	10 - 20	10,1	12,8	4,8
4	20 - 44	17,3	32,9	9,5
5	> 44	46,9	29,3	57,9

(1) Foundry air pollution problems. Foundry, 95 (3), 1967.

(2) Gridle, A. J.: Cupola emission problem and its solution. JAPCA, 1953.

Los hornos eléctricos de inducción se utilizan cada vez más en la producción de hierros fundidos, en la actualidad se utilizan en muchas fundiciones de hierros fundidos para hornos de mantenimiento de la temperatura y como parte del sistema de hornos dúplex (cubilote-inducción). Cuando se trata de hornos para el mantenimiento de la temperatura del metal líquido normalmente no exige un sistema de extracción de gases, el método de fusión es limpio y al metal se le han eliminado las impurezas durante el proceso de fusión.

Los operarios de los talleres de fundición están sometidos a emisiones de polvos y humos considerables, en particular durante el proceso de carga. Las cantidades dependen de las condiciones de los materiales de carga. En cada caso se puede utilizar una campana o una protección con tiro lateral para disminuir las emisiones durante y después de la operación de carga. El tipo de campana viene determinada por las condiciones propias del taller y el volumen necesario de gases a extraer.

La inoculación del metal en los hornos dúplex exige cierta atención. Para la producción de hierro fundido de alta resistencia (nodular) por el proceso de inoculación en la cazuela, donde se utilizan entre otros ingredientes, el magnesio o las aleaciones modificadoras de los tipos FeSiMg, colocándolas en la cuchara y vertiéndose sobre la aleación modificadora el metal líquido, existe la posibilidad clara de emisión excesiva de humos con óxidos metálicos, en especial si la operación no se lleva a cabo adecuadamente. Dado que la cuchara generalmente esta situada o colgada en un monorraíl o grúa-puente, se exige la instalación de una campana lateral conectada a un sistema de extracción de gases de gran volumen.

En las fundiciones de acero las emisiones producidas comprenden humos de óxidos de hierro, partículas de arenas, grafito, polvos metálicos. Las emisiones gaseosas comprenden CO, CO₂, SO₂, NO_x en dependencia de las condiciones de funcionamiento de los hornos (temperatura y velocidad de enfriamiento de los gases de salida). A continuación se puede observar la contaminación que producen algunos de los tipos de hornos utilizados para la fusión de metales:

Tipo de horno	Partículas (kg/t de metal)	NO_x (kg/t de metal)
Arco	2 - 20	0,1
Siemmen	1 - 10	0,005
Siemmen con inyección de O ₂	4 - 5,5	-
Inducción	0,05	-

Otros hornos utilizados son los de reverbero y los de combustibles líquido o gaseoso y las fraguas. En general se pueden utilizar diversos sistemas de captación de humos y polvos, lo que hace necesario su adaptación a las condiciones particulares de cada taller.

El departamento de vertido y enfriamiento de los moldes es donde se transporta el metal fundido a la zona de llenado de los moldes por medio de la cuchara vertiéndose directamente a los moldes de fundición, a continuación los moldes se colocan para su enfriamiento durante un periodo de tiempo para que concluya el proceso de solidificación del metal, luego se extraen del molde las piezas fundidas. Otra operación importante es la limpieza de las piezas para la eliminación de la mezcla de moldeo adherida a las mismas.

Durante este tiempo los moldes emiten un ligero humo, el que se debe eliminar mediante los sistemas de extracción. Los talleres de fundición difieren ampliamente unos de otros en el método de llevar a cabo estas operaciones y por consiguiente, los sistemas de protección y las campanas de extracción se deben diseñar para cada caso en particular. En fundiciones mecanizadas sobre los transportadores de rodillos u otro sistema continuo de transporte, se acostumbra a que estén cubiertos por una campana con el objetivo de que se produzca una ventilación adecuada, mientras los moldes circulan sobre los mismos. Estas campanas de extracción descargan generalmente a la atmósfera sin depuración de los gases, ya que la cantidad de contaminantes presentes es pequeña y el equipo de depuración de polvos que podría eliminar las partículas de muy pequeño diámetro que se producen en esta zona no estaría justificado económicamente.

En el departamento de moldeo el sistema de manipulación de las mezclas tiene muchos puntos donde se generan polvos. Como son por lo general el sistema de recirculación de arena utilizadas en el proceso, en las tolvas que descargan a los sistemas de bandas transportadoras, en las canales de alimentación a las máquinas mezcladoras, a las máquinas

de moldeo, a los puestos de trabajo de moldeo manual, en los elevadores de cangilones, u otros puntos.

El sistema debe proyectarse con especial cuidado para permitir la limpieza más eficaz del medio ambiente del taller. Como sistema para la depuración de los gases de las partículas de polvos se pueden utilizar los sistemas húmedos o sistemas mecánicos secos, aunque estos últimos en la práctica de los talleres de fundición, no se logra obtener la depuración suficiente. En los talleres de fundición no se recomiendan los filtros de mangas ya que tienden a tupirse debido a la condensación de la humedad que viene en la corriente de gases a limpiar.

En el departamento de limpieza y acabado cuando las piezas fundidas ya están suficientemente frías para poder ser manipuladas, se les eliminan los sistemas de alimentación, mazarotas y los machos. Esto se hace generalmente mediante simples golpes con herramientas de manos (martillos o mandarrias), a veces se utilizan mesas vibratorias, tambores rotatorios, en cualquiera de los casos, el puesto de trabajo debe tener instalado potentes sistemas de extracción de polvos, para proteger a los operarios y los equipos de los departamentos cercanos. Los polvos recogidos en esta zona del taller generalmente se eliminan con el uso de recolectores húmedos. Una vez eliminados los sistemas de alimentación y mazarotas, las piezas fundidas exigen una limpieza ulterior. Según el tipo y tamaño de las mismas. Esto se puede hacer con el uso de muelas abrasivas, cepillos metálicos, chorros de arenas o perdigones metálicos.

Todos estos métodos tienden a crear un ambiente polvoriento y exigen un buen sistema de recolección de polvos:

- Muelas abrasivas: Según sea el sistema de suspensión o de sujeción de las muelas abrasivas, el sistema de extracción que necesitan estos elementos es diferentes, debido a que las muelas abrasivas al girar tienden a actuar de cierto modo como un ventilador y lanza el polvo en todas direcciones. Sin embargo, la mayor parte del polvo sale tangente al punto donde la muela toca la pieza fundida. Por consiguiente, es aconsejable en este caso colocar el conducto de captación para recibir directamente las partículas de polvo lanzado por la muela. Generalmente, se acostumbra a poner un recipiente para recoger las partículas más pesadas y reducir la abrasión en los conductos del sistema de extracción. Las muelas con sujeción oscilante (colgadas)

deben situarse de forma que el polvo sea arrastrado a un recipiente con extracción de aire si es posible, se puede montar una campana local utilizando una tubería flexible. Las muelas manuales posiblemente son las más difíciles para recolectar las partículas que producen durante las operaciones de limpiezas, por lo que se recomienda se utilicen sobre un banco de trabajo donde se disponga de tomas de los sistemas de extracción de gases para la recolección de las partículas.

En el departamento de mantenimiento la contaminación fundamental se debe al vertimiento de aceites y grasas resultado de los residuos de la limpieza de equipos, operaciones de mantenimiento, lubricación de maquinas del taller, trasvases de combustibles. Los efluentes industriales deben estar ausentes de aceites y grasas; *virtualmente ausente* es criterio admisible en la industria moderna, siendo preferible que estén completamente ausentes. Estas especificaciones están basadas en los desagradables problemas de sabor y olor asociados a pequeñas cantidades de grasas en las aguas de suministros y a los problemas que originan a la flora y fauna acuática y subacuática.

El (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, 1975) da los parámetros y concentraciones admisibles fundamentales para la evaluación de la calidad ambiental en la industria siderúrgica, por otro lado se dan las recomendaciones de los sistemas de recolección de las muestras y de medición de las mismas y las normas existentes en algunos países en el momento de la impresión del libro. Se considera muy útil para la ejecución del trabajo que nos proponemos realizar para la evaluación de la calidad ambiental en los talleres de fundición. Teniéndose como elementos negativos de esta publicación no - aplicación concreta de soluciones a los problemas de la contaminación ambiental y al no realizar el análisis del sistema de la gestión ambiental necesarios en estas industrias.

El rendimiento del papel de filtro (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, 1975) para la toma de muestra de aerosoles varia generalmente en razón directa con la diferencia de presión y la velocidad del gas. Para las partículas con diámetros inferiores a 1 μm se puede evaluar en función de la penetración del humo de dioctilfalato, el cual produce partículas con un diámetro uniforme de 0,3 μm . Los elementos filtrantes de diferentes tipos tienen rendimientos y resistencia al paso de una corriente de aire muy variable, se puede mejorar mucho el rendimiento de papeles mediocres aumentando el caudal, siempre que el aumento de la diferencia de presión resultante no ofrezca inconvenientes. Los filtros se utilizan

frecuentemente para los estudios: de concentración, propiedades ópticas, distribución de dimensiones y composición química de estas partículas, con ellos podemos realizar la:

- Determinación del peso por unidad de volumen del aire con el objetivo de recoger una cantidad de aerosol durante el periodo de la toma de muestra, mediante los filtros de alto rendimiento que tenga una resistencia al flujo baja, para caudales elevados de gases.
- Determinación de la composición granulométrica y la forma de las partículas para lo que se exige una membrana filtrante de un tipo tal, que las partículas permanezcan en la superficie y no penetren en el interior del elemento filtrante. Cuando el examen se realice en el microscopio electrónico es preciso que la membrana desaparezca fácilmente por disolución lenta en alcohol, acetona u otro disolvente de bajo punto de ebullición, sin dar una deposición posterior de partículas sobre la película utilizada en el microscopio electrónico.

La formación de aerosoles (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, 1975) se verifica de forma general por dos procesos: condensación y dispersión. En el proceso de condensación se agrupan un grupo de moléculas de la sustancia para formar partículas de dimensión coloidal. De esta manera se constituyen nubes de gotas, cuando el aire caliente se enfría elevándose hacia las capas altas de la atmósfera.

Sobre la contaminación química del aire (Butler, 1979), se estudian las partículas en suspensión en el aire para una zona abierta, las mismas tenían el diámetro mayor a $1\ \mu\text{m}$, para la toma de las muestras se utilizó un recipiente destapado con las dimensiones de $30 \times 12 \times 9\text{cm}$ construido de vidrio, polietileno o acero inoxidable, realizándose las mediciones al cabo de un mes, las mismas se procesaron evaporando el agua a una temperatura de $150\ ^\circ\text{C}$ llegando hasta sequedad total de las partículas colectadas. Los resultados obtenidos pueden expresarse en términos de sulfato total, cloruro total, nitrato total, fracciones solubles de benceno, material combustible y contenidos de metales. En el desarrollo de nuestro trabajo se tomarán algunas de estas experiencias, para las mediciones a realizar del polvo sedimentable y la deposición de partículas midiendo el número de partícula en un área de un cm^2 de un cristal portaobjetos en diferentes zonas del taller de fundición.

En el trabajo de (Siska, 1986) se estudia el comportamiento de las cenizas, el polvo, los residuos que forman las partículas con un diámetro mayor a 10 μm , las cuales sedimentan rápidamente. Las partículas entre 5 y hasta 0,5 μm forman las suspensiones estables. Los aerosoles contienen partículas sólidas y líquidas desde 100 hasta 0,01 μm . Los aerosoles presentes en la atmósfera afectan la difusión de la luz. Cuando existen pocas afectaciones por aerosoles, encontrándose en el orden de 0.1 mg/m^3 , aproximadamente unas $0,16 \cdot 10^8$ partículas en un m^3 de aire, la visibilidad sobre pasa los 5 km. Generalmente los humos y las nieblas en suspensión están compuestos por partículas de 1 μm prácticamente su velocidad de sedimentación es 0 y se comportan como moléculas.

A continuación se muestran en la tabla II, de velocidades de sedimentación de polvos industriales con partículas esféricas de diferentes granulometría, con el peso volumétrico igual a 1 (g/cm^3), en aire tranquilo a temperatura de 20 ° C. Las partículas muy pocas veces son esféricas en general son porosas y angulares, además el aire no se encuentra tranquilo.

Tabla II. Velocidad de sedimentación de las partículas de polvos industriales

¡Error! Marcador no definido. Diámetro de la partícula (μm)	Velocidad de sedimentación (mm/s)
200	1200
100	300
40	50
10	30
4	0,5
1	0,035
0,1	0,001

La concentración promedio de las partículas de polvo en algunos procesos industriales se muestran en la tabla III, los valores de concentración mayores en las diferentes áreas se corresponden a las áreas donde se manipulan materiales de pequeña granulometría.

Tabla III. Concentración de polvo en las industrias metalúrgicas

¡Error! Marcador no definido.Lugar	Concentración de polvo (mg/m ³)
Aire en el campo	0,02
Fabricas siderúrgicas	15
Tolvas de mineral fino	100-200
Depósitos abierto de minerales molido fino	150-500
Talleres de maquinado y rectificado	25-450
Limpieza de pieza fundidas	25-450
Fabricas de cemento	100-400
Transportadores de alimentación de minerales finos	225-2000

Las concentraciones máximas admisibles (CMA) de los polvos que se producen en las industrias siderúrgicas se muestran por su interés en la tabla IV, según lo establecido en el trabajo de (Siska en 1986), como se puede observar una concentración superior a 1mg/m³ de cuarzo con 70 % de pureza no es admisible por su efecto negativo sobre la salud de los trabajadores.

Tabla IV. Concentración de polvos admisible en las industrias siderúrgicas

Sustancias	Contenido en mg/m ³
Polvo de carbón mineral	5
Grafito	5
Arcillas refractarias	8
Feldespatos	8
Arcilla de Caolinita	8
Cuarzo cristalino: menor de 10 % de pureza	5
de 10 a 70 %	2
> 70 %	1
Polvos inertes	8

Cuando las partículas de polvo contienen cuarzo SiO₂, son biológicamente activas. En los estudios realizado por (Siska en 1986 y Scliar en 1998) la red cristalina del cuarzo coincide con la de cierta albúmina, formando las capas de materia orgánica llamados nudos silicóticos, con el tiempo se transforman en la fibrosis, que pueden llenar los lóbulos

pulmonares. El ligamento fibroso formado afecta los vasos sanguíneos finos incluso los gruesos a su alrededor, de esta forma se afecta seriamente la circulación de la sangre en los pulmones y la superficie activa de intercambio de O₂ y CO₂. Esto trae la aparición de infecciones frecuentes y se puede complicar con tuberculosis. La silicosis puede aparecer en el transcurso de 4 a 7 años de la exposición en los límites de la concentración máxima (CMA). En la silicosis participan activamente los factores como: concentración del polvo, nocividad específica, tiempo de exposición, intensidad de la aspiración, predisposición individual, composición mineralógica y química del polvo, tamaño y forma de las partículas, otros factores tales como; humedad, velocidad del viento y otros.

Otro aspecto importante es el factor de riesgo por la contaminación ambiental, donde (Siska, 1986) propone se evalúe el coeficiente de dosis de polvo d (mg/m³*año), por la expresión siguiente:

$$d = \sum_{r=1}^n k_n * S_n \quad (\text{mg} / \text{m}^3 * \text{año}) \quad (1)$$

Donde:

d - coeficiente de dosis de polvo (mg/m³*año).

k_n - concentración de polvo en un turno de trabajo (mg/ m³).

N - números de año.

S_n - números de turno de trabajos al año.

Como se puede observar en los talleres de fundición esta expresión tiene un gran interés para valorar la contaminación de los trabajadores, por ser el agente de mayor contaminación el polvo proveniente de la arena sílice utilizada en la elaboración de los moldes de fundición y en la fabricación de los materiales refractarios, por su alta incidencia en producir la enfermedad (silicosis), ya que la cantidad en los trabajadores es acumulativa durante los años de exposición de los trabajadores a los contaminantes.

El trabajo de (Sequera y Cortés, 1990), se realiza el estudio a escala piloto de la presencia de las partículas en suspensión en un espacio interior, utilizándose como equipo captador un gasómetro. Como objeto de investigación se escogió la sala de consulta y de lectura en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. En el desarrollo se tuvo en cuenta las características físicas del local, número y conducta de los

usuarios, importancia y utilización de los espacios, así como la regularidad de esas características. En el trabajo se midió la cantidad de contaminante para lo que se evaluó la concentración de partículas en suspensión, así como el tamaño de las mismas. Algunos aspectos de este trabajo se tendrán en cuenta en la evaluación de la calidad ambiental en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, teniendo que realizar algunas variaciones como son: en las mediciones de la concentración de polvo, en la determinación de su naturaleza y en las mediciones del tamaño de las partículas.

En el trabajo de (del Hierro y de los Hero, 1993), se analizan las influencias, que se producen en el hombre por estar expuesto a los agentes químicos, que se generan durante los procesos industriales, así como los fenómenos físicos: frío, calor, ruido, radiaciones, vibraciones, además los agentes biológicos (agentes vivos: virus). En el trabajo se realiza el análisis sobre: la absorción de los agentes tóxicos, los riesgos específicos de los procesos como, es el caso de las soldaduras (intoxicación aguda por humos, patologías respiratorias crónicas, patología ocular por radiación), el riesgo del empleo de pinturas (por el uso de los solventes como benceno, tolueno, etc.), en las operaciones de limpieza, engrase y lubricación, así como los efectos del ruido y los producidos por los gases de escapes de motores y otros elementos. En el trabajo a desarrollar se tendrán en cuentas algunos factores de riesgo por estar presente en los talleres de fundición gases tóxicos producidos durante los procesos de fusión de metales y el secado de las mezclas de moldeo.

Fue estudiado por (Casas, 1993), la influencia que tiene sobre la contaminación el transporte automotor en las industrias, así como la influencia que tienen las condiciones meteorológicas y la topografía del terreno. Además establece la magnitud del daño, según la intensidad de la exposición, la susceptibilidad del receptor, elementos climáticos y otros. Este trabajo se empleara como elemento en el análisis de la influencia sobre los elementos receptores de los talleres de fundición al utilizarse regularmente este tipo de transporte dentro del taller como elemento de carga o de izaje.

Los estudios realizado (Arteche, 1995), sobre la calidad ambiental en ocho empresas de la rama metal-mecánica en la región de Aragón en España, evaluándose la gestión ambiental en estas empresas. Utilizando una metodología donde se definen los contaminantes fundamentales según los diferentes procesos productivos y al final se realiza la evaluación cualitativa de los mismos. Algunos de los elementos utilizados, se podrán tomar como

elemento para el desarrollo de nuestro trabajo, como son los elementos para la determinación de la contaminación: uso del agua, origen y características de los vertimientos, tipos de residuos, así como los elementos tomados en cuenta para la evaluación de la calidad medioambiental en las industrias del sector metal. Se consideran como insuficiencia del mismo el no hacer referencia a los efectos que se produce sobre el hombre, las maquinas o sobre las áreas circundantes en las empresas donde se realizo este trabajo otro aspecto no tratado en el mismo es la no-comparación entre los valores obtenidos en las empresas estudiadas con los parámetros de los limite de concentración admisibles (CMA) establecido en España.

De la Resolución (168 del CITMA, 1995) se toma como referencia el concepto de *medio ambiente*, en la cual se establece: *como el conjunto de elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos con los que interactúa el hombre, a la vez que se adapta, lo transforma, lo utiliza de manera sostenible, para satisfacer sus necesidades*. Otro aspecto importante es: asegurar que los problemas potenciales a ocasionar al medio ambiente, sean debidamente previstos e identificados en una etapa temprana del diseño y planificación del proyecto, presentando opciones para la toma de decisión.

En los trabajos de (Boytel, 1972, de Acuña, 1995 y de Izquierdo y Terrero, 1996), caracterizan el comportamiento de los vientos en la región Nororiental de Cuba que, es donde se encuentra situada la empresa objeto de estudio en este trabajo. En el trabajo (Acuña, 1995) se expresa lo siguiente: “El viento es el aire en movimiento como la consecuencia de una diferencia de presión entre dos puntos. Arrastrando mecánicamente los gases de origen natural o industrial, polvos y corpúsculos diversos, semillas, polen, enjambres de insectos a distancias a veces insospechables por el hombre”. Los vientos se caracterizan fundamentalmente por su velocidad y por su dirección, en la región Oriental de Cuba los vientos de mayor importancia, son los alisios de origen en el Atlántico Norte, soplando desde el Noroeste durante los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero; desde el Estenoroeste durante los meses de febrero a mayo y del Este durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, según (Boytel, 1972, de Acuña, 1995 y de Izquierdo y Terrero, 1996), los vientos alisios varían poco su rumbo durante el año. Otros tipos de vientos que afectan la zona costera de Cuba son las brisas marinas, que se producen en el mar a pocos kilómetros de las costas y penetran en la tierra hasta 30-40 Km durante las horas del día y las mismas son mas frecuentes durante el verano. En los trabajos de (Boytel, 1972, Izquierdo y Terrero,

1996), se pueden conocer la probabilidad de los días en el año, en que soplaran los vientos y su dirección.

(Vutsa y Grimanis, 1995), se realizaron los estudios de los elementos trazas en los vegetales, que crecieron en los alrededores de un área industrial de la zona de Thissolanika al norte de Grecia, en general los contenidos encontrados fueron bajos, siendo los de mayor significación los elementos como: Zn, Cd, Pb y Mn. En general se detectaron grandes diferencias entre los contenidos encontrados en los vegetales, el suelo y la atmósfera. Este trabajo nos permite tener en cuenta que los vientos arrastren las partículas que se producen en las industrias hasta zonas alejadas de las mismas y su influencia en las plantas y los suelos de las zonas agrícolas, situadas en las direcciones de los vientos, ya que en los talleres de fundición por tener dentro de su proceso productivo la fusión de metales y las operaciones de limpieza las cuales producen óxidos y partículas mecánicas que pueden ser arrastradas hasta las zonas colindantes a la empresa.

En el trabajo que nos presentan (Ternero y Sequeiras, 1996), hacen un análisis de la composición química de las partículas en la atmósfera, en particular los contenidos de metales pesados, aspecto de gran interés por los efectos nocivos sobre los sistemas biológicos y el medio ambiente. Por otra parte se plantea que la actividad química y bioquímica de un elemento depende del medio en que se encuentren los contaminantes. En el trabajo a realizar en los talleres de fundición es necesario tener en cuenta que en el mismo se analiza un proceso productivo la fusión de metales y las operaciones de limpieza de piezas fundidas las cuales producen óxidos y partículas mecánicas que pueden ser arrastradas hasta las zonas colindantes a la empresa. Los autores en el trabajo introducen la clasificación física y química para los contaminantes, se dan los argumentos de la necesidad de esta clasificación, en lugar de la clasificación por elementos que se realizaba con anterioridad en estos tipos de estudios, por lo que se establece una nueva concepción en el control analítico de los sistemas ambientales (agua, aire, tierra, seres vivos).

Se analizan en el trabajo de (Guardado, 1996), el tema de la gestión ambiental planteando los conceptos, estructuras y los puntos de vistas, que se deben tener en cuenta en un adecuado sistema de gestión ambiental, así como da las recomendaciones para implementar un sistema de gestión ambiental. Estos elementos se utilizarán en la confección de la propuesta del

sistema de gestión ambiental en los talleres de fundición a proponer en las conclusiones de este trabajo.

Como elemento legal fundamental de nuestro trabajo se toma la (Ley N°81, Ley del Medio Ambiente de la República de Cuba, 1997). En ella se analizan las bases legales en la República de Cuba, para la evaluación de Impactos Ambientales y los mecanismos de control de los instrumentos legales para la Gestión Ambiental que reconoce el Estado Cubano y el papel que debe jugar el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), en la política para la Protección del Medio Ambiente que rigen en Cuba.

En el libro sobre el amianto de (Scliar, 1998) se recoge que la sílice cristalina, creosotas, formaldehído, óxido de propileno, óxido de estireno como uno de los agentes probablemente cancerígeno para los seres humanos, existiendo una asociación positiva entre la exposición a estas sustancias y el cáncer humano, demostrada a partir de experimentos realizados con animales, no existiendo una seguridad total en cuanto a esa causa, el trabajo a realizar sobre la calidad ambiental en los talleres de fundición son importante estos aspecto planteados por ser las arenas de sílice el material refractario más utilizados en las mezclas de moldeo.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DE TALLER DE FUNDICION DE LA EMPRESA MECANICA DEL NIQUEL

Para la evaluación de la calidad ambiental durante el proceso productivo se utilizarán las instalaciones del taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, la que se encuentra ubicada en el municipio Moa, siendo el mismo uno de los territorios más transformados en los últimos 20 años del país y donde con mayor agudeza se manifiestan los problemas de contaminación ambientales por la concentración de varias empresas metalúrgicas.

2.1 Ubicación del taller de fundición

La Empresa Mecánica del Níquel (EMN), se inaugura en el año 1983, la misma está situada a la entrada de la ciudad de Moa en la parte Suroeste de la zona urbana encontrándose prácticamente en la parte central de la cuenca del Río Cabaña y el Arroyo Aserrío. La (EMN) está situada dentro de los límites de la ciudad lo que se puede apreciar en el esquema que se muestra en el anexo N° 2, limitando al Norte con la carretera Sagua–Moa y la Empresa de Construcción Reparaciones y Mantenimiento del Níquel, siendo una zona fuertemente antropizada, la cual es una zona de transición entre el medio ambiente urbano y el medio natural caracterizada por grandes áreas desnudadas producto de los movimientos de tierra con fines constructivos, donde se encuentran el servientro de CUPET, el tanque elevado de suministro de agua a la población, una cantera de áridos abandonada, las instalaciones de la Empresa de Construcción y Reparación del Níquel (ECRIN) y la Base de Transporte de la Empresa de Servicios del Níquel (ESUNI), al Sur con la vertiente Norte de la Cuenca del río Cabaña al Oeste con la zona de Centeno, al Sureste con el reparto Armando Mestre y al Este con el arroyo Aserrío.

La construcción de la empresa se realizó sobre una colina con pendiente hacia el Este. El desnivel entre las cotas del área seleccionada es de unos 20 m, por esa razón fue conveniente realizar la construcción utilizando terrazas, en dos niveles de construcción. En las ubicaciones de los talleres se tuvo en cuenta el factor climático, los requerimientos del

proceso productivo, así como la organización interior del sistema del transporte, suministro de agua, el drenaje, los sistemas de tratamiento de los residuales líquidos, peligros y riesgos de la planta de acetileno y la trayectoria para el aterrizaje de los aviones en el aeropuerto local.

2.2 Características constructivas del taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel

El taller está destinado para los trabajos de fundición de acero, hierros fundidos y metales no ferroso para satisfacer las necesidades de reparación y de explotación de las fábricas de níquel, las características fundamentales del taller, se puede ver en la tabla V. El proceso de producción en el taller de fundición está basado en un sistema de producción para piezas unitarias y en pequeñas series, contando con mecanizado de algunas operaciones teniendo en cuenta el volumen de piezas, distribución por peso y la naturaleza de la fundición.

El proceso tecnológico del taller empezará con la preparación de materiales de carga y las mezclas para moldes y machos, la fusión de metales y aleaciones, el diagrama de flujo para el taller de fundición se puede observar en el anexo N° 3. Los materiales nuevos de carga, el arrabio, las ferroaleaciones y otros materiales que llegan al taller se descargarán mediante grúas y luego se llevan a los silos de almacenamiento y a las áreas de trabajo. La preparación de la chatarra de acero de gran tamaño se realiza por corte con llamas oxiacetilénica en el almacén de materiales de carga en su área bajo techo. La chatarra de hierro fundido de pequeño tamaño se romperá por golpes y la de gran tamaño se venderá como chatarra a la Empresa de Recuperación de Materias Primas por no existir medios en el taller para su preparación.

Tabla V. Datos e índices principales del taller de fundición.

Secciones del taller	Características
1. Producción total de piezas fundidas, terminadas	2 240 t
2. Area total del taller	5 136 m ²
- Area de producción	2 654 m ²
- Area de moldeo y desmoldeo	862 m ²
3. El taller comprende:	
a) secciones de fusión, moldeo, fabricación de machos, vertido, desmoldeo, preparación de las mezclas para el moldeo, desbarbado y limpieza y fabricación de aleaciones no ferrosa.	3 072 m ²
b) Taller eléctrico y taller de reparaciones mecánicas, sectores de secados y cribado de la arena, de preparación de fijadores de reparación y secado de cucharas, de preparación de masa refractaria, laboratorios químicos, y de análisis del terreno.	848 m ²
c) Locales de almacenaje, administrativos.	2 524 m ²
4. Equipos Básicos.	
- Hornos de fundición.	<p>- Para la producción de hierro fundido de todas las marcas se tiene el horno de inducción tipo I4T - 2,5/1-C.</p> <p>- Para la producción de acero de todas las marcas se tiene el horno de inducción ICT-1/05M con un convertidor de operación, existen dos unidades.</p> <p>- Para la producción de aceros se tiene el horno de arco eléctrico de capacidad de 1,5 ton.</p> <p>- Para la producción de aluminio se tiene el horno de inducción de crisol IAT – 04.0.18-43.</p> <p>Para la producción de bronce se tiene el horno ICT - 0,4IM.</p>
Métodos especiales de colada.	La colada de casquillos se realiza en máquina de fundición centrifugada.

2.3 Características del proceso productivo del taller de fundición

2.3.1 Sección de preparación de mezclas para moldes y machos

Para la preparación de las mezclas se utilizan maquinas mezcladoras de varios tipos; existiendo mezcladoras de rulos y de paletas, se utilizan como materias primas fundamentales arenas de cuarzo y de cromita ambas de producción nacional y en calidad de aglutinante la arcilla de bentonita, silicato de sodio, melaza de caña, el agua en las mezclas arena-arcilla oscila en el orden de 4 - 6 %. Las características de algunos de los materiales son:

- **Arena sílice**

- Punto de sinterización	1540 °C.
- Perdida por calcinación	0.026 %
- Componente arcilloso (<0.022mm)	0.4 %
- Distribución en tres tamices (0,2;0,1;0,65)	80 %
- Diámetro promedio (dp)	0.187 mm

Composición química de la arena de sílice en %:

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
97.3 - 99.5	0.02 - 0.1	0.1 - 0.2	0.42 - 0.68	0.09 - 0.3

- **Cambios alotropicos del cuarzo**

< 575 °C	Cuarzo alfa
575 - 878 °C	Cuarzo beta
878 - 1250 °C	Tridimita
1250 - 1400 °C	Cristobalita
1625 °C	se forma el vidrio de Sílice

Los cambios alotropicos producen rápidamente cambios de volumen en un intervalo de temperatura estrecho, lo cual puede provocar alteraciones en las dimensiones de las piezas fundidas, así como tensiones en los granos de Cuarzo que provocan grietas, fisuras y la ruptura de estos alterando el tamaño y produciendo partículas pequeñas (polvo), dentro de las mezclas de moldeo.

- **Arena de cromita**

Temperatura de fusión 1800 °C

Granulometría 1-2 mm

Finos <0.1 mm < 30-40 %

Conductividad térmica mayor que la arena de cuarzo.

Composición química de la arena de cromita en %:

Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂
38,0 - 39,0	14,7 - 15,0	14,0 - 16,0	20,0 - 22,0	0,3 - 0,5	0,8 - 1,0

- **Arcilla de bentonita**

Temperatura de fusión 1250-1300 °C

Formación en sustancias amorfas 735-850 °C

Granulometría (60 %) < 0.001 mm

Las áreas de preparación de mezclas y de moldeo pueden dar lugar a grandes emanaciones de partículas de polvo a partir de las arenas y las arcillas, así como de otros aditivos que se utilizan para su preparación o en la confección de los moldes como son la arena de sílice seca, el grafito, el licopodio estos últimos utilizados como elementos separadores de las cajas de moldeo. Se utilizan otros aditivos para la fabricación de pinturas o pastas y como polvos para la disminución de la penetración metálica en las piezas fundidas. En esta zona se necesitan usar sistemas de succión de polvos potentes, para evitar su dispersión al resto del taller de fundición, hay que tener en cuenta la ubicación de la nave del taller en dirección Este, por ser esta dirección (Este) la predominantes de los vientos en la ciudad de Moa, según se recoge en los trabajos de (Boytel, 1972, de Acuña, 1995 y de Izquierdo y Terrero, 1996).

2.3.2 Zona de los hornos de fusión.

Durante la fusión de los metales el desprendimiento de gases es elevado, lo que trae como resultado que las emisiones se trasladen por todo el taller, las cuales contaminan la atmósfera incidiendo sobre los obreros, las maquinas y equipos. El sistema de extracción previsto en el proyecto no funciona, utilizando el soplado (ventiladores) para dispersar los gases que se desprenden durante la fusión.

Los equipos de fusión están formados por tres hornos de inducción (dos de alta frecuencia y uno de baja frecuencia) y uno de arco eléctrico trifásico, existen dos hornos de inducción de alta frecuencia en otra sección del taller llamada de fusión de aleaciones no ferrosas utilizando uno de ellos para la fabricación de aleaciones no ferrosas este es el único horno que tiene extracción de gases con descarga directa a la atmósfera, pero este sistema no funciona adecuadamente al no existir la conexión de la descarga del extractor con la chimenea, en esta zona además se instaló un horno de 50kg, para el trabajo de desarrollo de nuevas aleaciones o especiales.

Durante el proceso de carga, fusión y vertido, se desprende un considerable volumen de gases, humos y polvos formados por diversas sustancias a la atmósfera del taller, al no existir funcionando un sistema eficiente para la extracción de gases, por lo que las emisiones de gases, polvos y humos desde los hornos de fusión se trasladan por el taller de fundición en dependencia de los vientos reinante en cada momento. Estos gases están formados por partículas metálicas, SO₂, CO, CO₂, polvos.

En la actualidad están instalados ventiladores, que realmente lo que hacen es desplazar los gases de un área a otra, no ayudando a mejorar la calidad de la atmósfera del taller. En el área esta presente la contaminación sónica producida fundamentalmente por el ruido del arco eléctrico y también la contaminación por las radiaciones del arco la que se observa en todo el taller, debido al cierre deficiente o al abrirse las compuertas del horno de arco eléctrico.

2.3.3 Área de limpieza y acabado.

En el área de limpieza y acabado de las piezas fundidas la contaminación es elevada, ya que todas las partículas metálicas, restos de mezclas de moldeo y escorias que son desprendidas de las piezas fundidas durante las operaciones de limpieza, no son recogidas al no estar instalados los sistemas de recolección de contaminantes, estas partículas son de diferentes granulometría y en muchos casos pueden ser (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero en 1975) (Work y Warner en 1990) menor de 0.05 µm por lo que estas se introducen rápidamente en el organismo por la piel o el sistema respiratorio. Además en esta área se produce la mayor contaminación sónica del taller por el ruido que producen los equipos utilizados en las operaciones de limpieza y corte.

En los trabajos de limpieza y acabado se utilizan fundamentalmente los tambores giratorios para la limpieza por choque, muelas abrasivas, cinceles neumáticos para el corte de rebaba, en el corte de las mazarotas y los sistemas de alimentación se emplean los equipos de oxicorte con llama de gran potencia y los de corte por arco eléctrico con aire comprimido este último produce una contaminación por ruido perceptible en las áreas colindantes.

Durante el proceso de limpieza solo funciona el sistema de extracción instalado en las muelas abrasivas fijas. Las partículas que se desprenden en esta zona poseen, según (Siska en 1986), aproximadamente un diámetro menor de 5 μm , las cuales se introducen fácilmente en el organismo de los trabajadores por la vías respiratorias y en las partes móviles de los equipos. Solo se utiliza como limpieza de los puestos de trabajo el soplado con aire comprimido y ventiladores. Todo esto es a consecuencia de la eliminación del sistema de aspiración previsto en el proyecto, la mayoría de los trabajos de limpieza y acabado de las piezas, se realizan de forma manual lo que incrementa el efecto sobre los obreros.

2.4 Elementos para evitar los riesgos ambientales previstos en el proyecto del taller de fundición

La Empresa Mecánica del Níquel en sus diferentes talleres se producen diferentes contaminantes como son las partículas sólidas en suspensión, productos del petróleo (combustibles y lubricantes), con sales, ácidos y álcalis, el proyecto prevé la depuración de algunos de ellos por separados según su grado de agresividad. El alcantarillado previsto para evacuar las aguas residuales de uso industrial como efluentes con grasa y sólidos en suspensión desde los talleres de producción a la estación depuradora, se fabrica con tubos de acero de 100 mm de diámetro, soldados por arco eléctrico. La red interior para los efluentes de producción y pluviales sin contaminación se evacúan juntos a la red urbana. La capacidad de descarga del sistema se construyó para 456 l/s, los efluentes pluviales es de 6,2 m/s, la evacuación del agua se realiza por gravedad en tubos de cerámica de 150 y 300 mm de diámetros y de hormigón armado de diámetro de 400 y 1500 mm en dependencia de la zona. Las aguas fecales se evacúan por gravedad por tubos de 150 y 300

mm de diámetro con registros para la revisión y limpieza. El taller de fundición tiene conectada cada área específica al sistema correspondiente de acuerdo al proyecto original.

2.4.1 Sistema para la seguridad e higiene del trabajo

Como medidas generales en el taller de fundición para la seguridad e higiene del trabajo se tuvo en cuenta, durante la elaboración del proyecto de la empresa los siguientes aspectos:

- En cada puesto de trabajo se ubicaron los sistemas de recolección de polvos y humos y adecuado para cada caso. (*prácticamente todos fueron desmontados*)
- En cada local se tienen no menos de dos salidas de emergencias, así como de escaleras exteriores y los puntos contra incendios.
- Se tienen extintores contra incendios en las áreas más vulnerables.
- Los edificios están protegidos contra rayos.

2.4.2 Sistema de riesgos contra accidentes aéreos

En el proyecto se tiene prevista la zona de seguridad aérea, la cual se establece en el límite Sur de la zona donde se ubica la empresa, dicha zona se encuentra a una distancia de 650 m del límite norte y a 950 m del eje de la franja aérea de acceso a la pista de aterrizaje en el aeropuerto de Moa, por lo que se establece situar luces de protección en las partes de mayor altura de la empresa.

2.5 Medidas recomendadas en el proyecto para la protección del aire atmosférico en el taller de fundición

Para proteger la atmósfera del taller contra la contaminación de los gases se prevé en el proyecto tomar las siguientes medidas:

1.- Instalar sistemas para la recolección de polvos con campanas de extracción y colocar los sistemas de conductos directamente sobre los equipos donde se producen las emanaciones de polvo utilizando los siguientes tipos:

- Ciclones secos con las unidades de ventilación y eliminación de polvo del modelo Zil-900 m³ para polvos de gran dispersión (abrasivos, de aserrín de madera).

- Recogedores húmedos de fabricación checa, con un alto rendimiento para la limpieza de polvos con pequeña dispersión y polvos de aglutinantes.

2.- El proyecto da como solución la descarga al aire de los gases nocivos del sistema de aspiración local por conductos colocados por encima del techo de los edificios del taller con una altura superior a la zona de la sombra aerodinámica producida por el viento que contribuirá a la dispersión de los materiales nocivos y siempre cuando el contenido en el suelo no supere el 30% de las normas establecidas para la zona de trabajo de estas sustancias.

CAPITULO III

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE EN EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA MECANICA DEL NIQUEL

Los talleres de fundición se diferencian unos de otros en múltiples aspectos. En cuanto a su capacidad de producción pueden ir desde pequeñas fundiciones hasta las grandes plantas que producen miles de toneladas de piezas cada mes. Sin embargo, en Cuba la mayoría de los talleres de fundición se encuentran en la gama de pequeños a medianos, siendo los pedidos en base de series cortas, para fabricar en lo fundamental piezas de repuestos. Además las fundiciones difieren entre sí, en cuanto al tamaño de las piezas fundidas a producir, pudiendo ser desde unos cuantos kilogramos hasta varias toneladas, por el tipo de aleación a utilizar en la elaboración de las piezas fundidas, pudiendo ser: fundición gris, aceros o metales no ferrosos. Por el grado de mecanización este puede ser elevado o nulo (utilizando totalmente el trabajo manual). En la realidad cada fundición tiene sus características individuales determinadas y específicas, por lo que los sistemas de depuración gases necesarios para garantizar una calidad ambiental aceptables, pueden diferir de unos a otros talleres.

En la tabla VI, se puede observar el sistema de causa y efecto de los contaminantes, que se producen en el taller de fundición objeto de estudio, con el fin de comprobar la hipótesis planteada, por lo que se recoge en el estudio para establecer la tabla VI, se puede decir a priori que la hipótesis planteada es cierta y los elementos fundamentales que provocan las afectaciones a la calidad ambiental están dadas por las emanaciones de polvo, ruido y los humos que se producen durante el proceso productivo, acentuándose estas afectaciones cuando los sistemas de recolección y purificación de gases son deficientes o no existen, como es el caso del taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.

Para la evaluación de la calidad ambiental de este taller de fundición se seguirán los pasos que a continuación se relacionan:

- Definición de las áreas de producción donde se emiten las mayores cantidades de contaminantes al medio ambiente.

- Características de los contaminantes y sus influencias en el hombre y las maquinas existentes en el taller de fundición.
- Recolección y análisis de las muestras.

En la determinación de los elementos que afectan la calidad ambiental es necesario determinar las incidencias que se producen durante el proceso productivo, para lo cual utilizaremos las experiencias de (Arteche y otros en 1995, Alvarez en 1988, Del Hierro y de los Hieros en 1993, Botler en 1972 Casas en 1994, Work y Warner en 1990, Siska en 1988), siendo necesario analizar la relación causa–efecto analizadas en la tabla VI, así como la interacción que ocurre entre las acciones y los factores del medio que son afectados por estos, donde se dan las valoraciones realizadas en este trabajo para el taller de fundición.

El método empleado en la evaluación cualitativa de la calidad ambiental (tabla VI) tiene entre sus ventajas: el dinamismo, flexibilidad y exposición clara de la evaluación para la que se utilizaran en las columnas: actividad, residuos vertidos, origen, y características de los residuos, tratamiento actual, receptor del impacto. Luego se determinaran las magnitudes de las emanaciones en aquellas áreas donde se producen las mismas, es importante tener en cuenta la duración del efecto sobre los elementos receptores como son los trabajadores y las maquinas de acuerdo al proceso productivo existente en cada zona del taller para lo cual, en este trabajo se determinaran la deposición de partículas, el polvo sedimentable utilizando dos métodos de muestreo para la determinación de la cantidad de partículas por cm^2 y la cantidad de polvo por cm^2 y otra determinación serán las mediciones del ruido producido en las áreas del taller.

3.1 Determinación de la contaminación atmosférica en el taller de fundición

Para valorar la influencia sobre el medio ambiente es importante conocer las concentraciones de las sustancias contaminantes que se vierten a la atmósfera en las diferentes áreas del taller, por incidir estas directamente sobre los trabajadores y las maquinas, los niveles de ruido que se producen, así como el uso y destino de las aguas residuales y los desechos sólidos que se vierten en el taller. Luego de la valoración del proceso productivo y las soluciones aportadas por el proyecto, así como los cambios

introducidos a este en los años de funcionamiento de la empresa. En el desarrollo de este trabajo se analizarán la contaminación por polvo y ruido, por ser estos los elementos que más perturban al medio ambiente del taller.

El taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel es una construcción de tres naves unidas entre sí, con paredes laterales de 1.5 m de altura y luego hasta el techo tienen celosías o cerca de alambre, siendo libre la entrada de los vientos al interior del taller, transportando fácilmente los contaminantes desde las zonas donde se producen a toda las instalaciones del taller. En la región de Moa según (Boytel, 1972, Izquierdo y Terrero, 1996), los vientos alisios son reforzados por las brisas marinas que soplan de forma conjunta. La topografía poco accidentada de la zona costera es otro factor favorable para la influencia de los vientos en la zona industrial de Moa en especial en la elevación donde está ubicada la Empresa Mecánica del Níquel. El taller de fundición se encuentra en la parte Sur de dicha empresa teniendo libre de otras instalaciones en su parte Este y Oeste y al Norte del taller se encuentra el taller-07 (maquinado).

En el desarrollo del trabajo se pudo analizar que el sistema de limpieza de gases previsto en el proyecto para el taller de fundición, tenía previstos tres sistemas para el mejoramiento de la calidad ambiental, los mismos eran: el integrado por los sistemas P1, P2, P3, P4 para la ventilación de los lugares de trabajo, y el otro, integrado por los sistemas de succión local desde el B1 al B37 con descarga a la atmósfera o a los colectores húmedos de fabricación Checoslovaca teniendo como función la recolección de los humos y las partículas sólidas que se desprendan durante el proceso productivo, descargándose directamente a la chimenea los gases limpios y el fango recogido se elimina como desecho sólido. De todos estos sistemas en la evaluación realizada, se comprobó que solamente están instalados los sistemas de recolección húmeda para los tambores limpiadores de piezas en el área de limpieza y acabado, el instalado en el horno de arco, el sistema de succión local con descarga directa a la atmósfera en el horno de inducción para la fusión de aleaciones en base de cobre en el área de aleaciones no ferrosas y el sistema de succión local con un colector centrifugo (ciclón) en el horno rotatorio para secado de arenas. Los dos sistemas de purificación húmeda, que están en funcionamiento les faltan la conexión flexible entre las descargas de los ventiladores y las chimeneas y en el caso del sistema instalado en el horno de arco le falta capacidad de succión para la cantidad de humos y gases que se desprende durante el funcionamiento del mismo. El tercer sistema es el de

climatización de los locales (laboratorio y oficinas) y en la cabina de control del horno de arco el cual funciona con problema.

3.1.1 Toma de muestra para la determinación del contenido de polvo en la atmósfera del taller

Los aerosoles están formados por partículas sólidas o líquidas, dispersas en un medio gaseoso, las partículas líquidas son esféricas, pero las partículas sólidas pueden ser esféricas, filamentosas o irregulares. Las dimensiones de las partículas de aerosoles varían mucho según el modo en que se han formado y según su estabilidad en la atmósfera, que depende de la coagulación, sedimentación, los choques, movimiento Brownianos, cargas eléctricas y otros. Por definición los aerosoles comprenden las partículas con diámetros comprendidos entre 100 y $0,01\mu\text{m}$ o inferiores. Las partículas con diámetro superiores a $100\ \mu\text{m}$ se depositan rápidamente por la acción de la gravedad.

Los métodos utilizados para recoger muestra destinada a la determinación de las cantidades, la dimensión o identificación de la naturaleza de las partículas dependen mucho de las propiedades físicas de los aerosoles estudiados. Para la toma de muestra del aire, el método es una función de la distribución granulométrica de las partículas a estudiar.

En los procesos de dispersión un grano relativamente grande se divide en partículas finas por molienda mecánica, abrasión u otras causas. Como ejemplo podemos citar las cenizas volantes procedentes de la combustión de quemadores de carbón pulverizado, los polvos emitidos por fundiciones, en altos hornos.

Los aerosoles y las partículas sólidas transportadas por el aire pueden ser captadas por algunos de los métodos siguientes, sedimentación, filtración, aparatos de impacto, precipitación electrostática, precipitación térmica, centrifugación, en la tabla VII, se dan algunos valores de las partículas que con mayor frecuencia se encuentran en el aire y sus dimensiones. En la misma se puede observar los valores de algunos productos (subrayados) presentes en los talleres de fundición los cuales pueden tener una granulometría fina lo que aumenta el riesgo de contaminación de los trabajadores.

Tabla VII. Dimensión aproximada de las partículas en suspensión en el aire. (ASTM D 1357 / 57).

Sustancias	Diámetro en μm	
	Mínimo	Máximo
Gota de lluvia	500	5000
Cenizas volantes	10	800
Polen	10	100
Esporas vegetales	10	35
Polvo de cemento	3	100
Vapor de agua	2	500
<u>Polvos de fundiciones</u>	<u>1</u>	<u>1000</u>
<u>Cenizas de carbón pulverizado</u>	<u>1</u>	<u>50</u>
<u>Polvos metalúrgicos</u>	<u>5</u>	<u>100</u>
Polvos de talco	0,5	50
Polvos de insecticidas	0,5	10
Bacteria	0,3	35
Pigmentos, pinturas	0,1	5
Vapores alcalinos	0,1	5
<u>Vapores de óxidos de Zinc</u>	<u>0,01</u>	<u>0,5</u>
<u>Vapores de óxidos de magnesio</u>	<u>0,01</u>	<u>0,5</u>
Negro de humo	0,01	0,3
Virus de proteínas	0,003	0,05
Moléculas de gas	0,0001	0,0006

La concentración de los contaminantes en la atmósfera está sometida a fluctuaciones, debidas principalmente a las condiciones atmosféricas y también a las variaciones de intensidad de las emisiones de las propias fuentes contaminantes. La toma de muestra de larga duración permitirá, pues, determinar concentraciones medias que tendrá en cuenta los valores extremos de contaminación. La toma de muestra de corta duración harán aparecer las variaciones de concentración en función del tiempo, pero exigirán métodos analíticos muy sensibles, puesto que el volumen de la muestra será en general muy pequeño.

Cuando se desea estudiar la contaminación de un sector, incluso restringido, es preciso efectuar numerosas muestras, distribuidas sistemáticamente en el espacio y en el tiempo. En el espacio es preciso tomar en consideración la influencia que presentan sobre la dispersión de los contaminantes, la dirección de los vientos predominantes y la topografía del lugar (distribución y forma del equipamiento instalado). La distribución de las ubicaciones de las muestras en el sector a examinar, debe estar dirigida en el sentido de movimiento de los vientos predominantes, si lo permite la instalación a investigar. La toma de muestra no se debe realizar demasiado cerca de las paredes de los edificios ya que éstas forman remolino,

esto se norma en Cuba por las Normas Cubanas (19-01-03: 80 y la 93-02-203: 86). En el tiempo es preciso considerar las variaciones del proceso productivo, en las condiciones meteorológicas y otros factores.

Otro aspecto importante en la toma de muestra, son los recipientes colectores específicamente para polvo sedimentables, estos habitualmente son embudos de vidrio o cilindros de metal o plásticos, con una altura igual a 2 ó 3 veces su diámetro. La muestra esta constituida por el total de sólido recogido en la deposición por unidad de superficie (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, 1975) en un periodo de treinta días.

Se dispone de una gran variedad de instrumentos y técnicas para la toma de muestra de partículas, aerosoles, gases y vapores. Los instrumentos y métodos elegidos en cada caso dependen de la cantidad de contaminantes presentes en la atmósfera, de su estado físico y de sus propiedades químicas.

Otros métodos consisten en el examen de la deposición de partículas sobre laminas portaobjetos impregnada de grasa en una de su superficie, realizándose la evaluación con el uso del microscopio óptico, utilizado para determinar la cantidad de partículas o la granulometría de las mismas.

Los filtros se utilizan frecuentemente para los estudios: de la concentración, propiedades ópticas, distribución de dimensiones y composición química de estas partículas, con ellos podemos realizar la: determinación del peso por unidad de volumen de aire, determinación granulométrica y la forma de las partículas para lo que se exige una membrana filtrante de un tipo tal, que las partículas permanezcan en la superficie y no penetren en el interior del elemento filtrante.

3.1.2 Determinación de los lugares que emiten los contaminantes y su medición durante el proceso de producción del taller de fundición

Un aspecto importante es la definición de los focos de contaminación para el establecimiento de los puntos de recolección de las muestras y el método de medición a emplear de acuerdo a la experiencia que al respecto se encuentra en la literatura según se pudo constatar en el trabajo realizado por (Sequeira y Cortés en 1990), estos utilizaron como elemento de retención de las partículas de polvo un papel de filtro. En nuestro trabajo se utilizaran como

alternativa los cristales portaobjetos para la toma de muestra impregnado con aceite mineral en las evaluaciones de la deposición de partículas en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, siendo un método sencillo y de bajo costo y una alternativa para lograr los resultados propuestos.

Las dimensiones de las partículas de polvo se pueden clasificar, según (Siska, 1986) en:

- Polvo grueso; macroscópico con diámetros de las partículas mayores a 40 μm y son visibles a simple vista.
- Polvo medio; con diámetros de las partículas de 1 hasta 40 μm y se pueden observar con un microscopio con menos de 50 aumento.
- Polvo fino: - microscópico con tamaño de las partículas desde 1 hasta 0,25 μm .
 - ultramicroscópico con diámetros de partículas desde 0,25 hasta 0,01 μm .
 - submicroscópico con diámetro de partículas menor de 0,01 μm son visible solo bajo el microscopio electrónico.

La forma de las partículas de polvo es muy variable y ejercen una influencia marcada en la velocidad de sedimentación del polvo. Cuando la forma de las partículas se acerca a la esfera, más rápida es la velocidad de sedimentación (caída) de las mismas. Además de la forma influyen los factores de carácter mineralógico-cristalino.

La velocidad de sedimentación de las partículas depende de la forma y sus dimensiones y se puede establecer para las partículas mayores a 1mm, en el aire quieto las partículas alcanzan rápidamente la velocidad de sedimentación en dependencia solo de su dimensión. La velocidad de sedimentación v (cm / s) para partículas mayores a 200 μm se puede calcular por la ecuación de Newton:

$$v = \sqrt{\frac{8 g D \delta_1}{3 \delta_2}} \quad (\text{cm/s}) \quad (2)$$

Donde:

D- diámetro de la partícula (cm).

g- aceleración de la gravedad (cm/s^2).

δ_1 y δ_2 - peso específico de la partícula (g/cm^3).

Para las partículas desde 1 hasta 100 μm , la velocidad de sedimentación se calcula utilizando la ecuación de Stoke:

$$v = \frac{D^2 g}{18\eta} (\delta_1 - \delta_2) \text{ (cm/s)} \quad (3)$$

Donde:

D - diámetro de la partícula (cm).

g- aceleración de la gravedad (981 cm/s^2).

η - viscosidad dinámica: para el aire a 20°C es de $1,83104 \text{ (g/cm.s)}$.

δ_1 y δ_2 - peso específico de la partícula y del medio donde sedimenta la misma en (g/cm^3).

Las partículas menores de $1\mu\text{m}$ prácticamente no sedimentan, se remolinan en el aire debido al movimiento Browniano y se comportan de igual manera que las moléculas que forman el aire.

En el desarrollo del trabajo para la determinación de la concentración de polvo sedimentable en la atmósfera del taller de fundición se utilizaran dos pruebas una de ellas será la retención de las partículas de polvo sedimentable en un cristal portaobjetos con un área de 19 cm^2 impregnado en la superficie superior con aceite mineral, la evaluación se realizara en un tiempo de muestreo de 24 horas, según recomienda el (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, 1975) con una duración de 8 días (promedio diario) tiempo que caracteriza la semana de trabajo, los lugares seleccionados para la toma de muestras se representan en el anexo N°1 el plano N°1, con un círculo rojo y su número coincide con el número de la tabla VIII. Las mediciones de la cantidad de partículas retenidas, se realizaron con el microscopio estereoscópico Genopol de fabricación alemana, con aumento de $\times 50$ veces y utilizando un patrón de 1 cm^2 repitiéndose tres veces las mediciones en diferentes zonas del cristal y promediándose los valores obtenidos. Los resultados para el polvo sedimentables utilizando los cristales portaobjetos se observan en la tabla VIII, en la misma se utiliza una de las columnas para resaltar la presencia de personas habitualmente durante las mediciones, siendo significativo la no presencia de personas solo en tres de las áreas seleccionadas para las mediciones, en las demás que coinciden con las de producción siempre hay trabajadores.

Tabla VIII. Evaluación de la deposición de partículas en el taller de fundición

Puntos de muestreo	Lugar de muestreo	# Partículas / cm ² por día	Presencia de personas
1	Sección de fundición no ferrosa	97,36	Si
2	Cuarto de transformadores	66,16	No
3	Cuarto de convertidores	33,63	No
4	Plataforma hornos de inducción	151,50	Si
5	Plataforma hornos de inducción	163,37	Si
6	Area de preparación de mezcla	153,87	Si
7	Area de moldeo manual	122,28	Si
8	Embudos alimentadores maquinas de moldeo	131,62	Si
9	Area de fabricación de machos	133,28	Si
10	Transportadores de las mezclas de moldeo (bajo el piso)	109,25	No
11	Area de desmoldeo	130,28	Si
12	Area de vertido	81,02	Si
13	Area de vertido	142,12	Si
14	Area de vertido	166,12	Si
15	Area de preparación de carga	61,38	Si
16	Area del horno de arco	152,87	Si
17	Area de limpieza de piezas	900	Si
	Promedio del taller	262,87	

La otra determinación del polvo sedimentable se efectuó con el muestreo durante 30 días (promedio mensual) recomendado para estos talleres por el (Instituto Latinoamericano del Hierro y el Acero, 1975), las mediciones se realizaron en cinco puntos, los que se consideraron representativos de la situación general del taller, utilizando para la recolección del polvo un pomo de material plásticos con un área en su boca colectora de 40,26 cm². En ambas pruebas se tuvieron en cuenta las recomendaciones que se establecen en las Normas Cubanas (NC: 19-01-31:1988, NC: 19-01-06:1980, NC: 93-02-202:1987, NC: 93-02-203:1986), los puntos para la toma de muestras en los pomos se señalan en el anexo N°1 en el plano N°1 y se indican con un círculo verde y su número coincide con el mismo en la tabla IX. Una vez recogidos los pomos se realizó la transferencia del contenido de los mismos hacia unas cápsulas de porcelana previamente taradas utilizando agua y se llevaron a una estufa donde se calentaron a 70°C hasta sequedad total, se determinó la deposición de polvo por diferencia de peso. Los resultados de las muestras del polvo sedimentables utilizando los pomos se dan en la tabla IX. En los resultados obtenidos en esta tabla, es significativo el valor de las áreas de limpieza y acabado (18,43 mg/cm²), hornos de arco eléctrico(49,92 mg/cm²), la de vertido (17,1 mg/cm²), con relación a las otras, también la semejanza entre las áreas de moldeo y no ferroso donde se realizan actividades similares y por otro no se aprecia la influencia de las emanaciones de partículas del área de acabado ubicada al lado esta última.

Tabla IX. Concentración del polvo sedimentable
(*muestra mensual*)

Nº	Lugar de muestreo	Peso de la muestra. (mg)	Concentración en (mg/cm ²)
1	Area maquinas de moldeo	244,0	6,06
2	Area de metales no ferrosos	240,0	5,96
3	Area de limpieza y acabado	742,0	18,43
4	Area horno de arco eléctrico	2010,0	49,92
5	Area de preparación de carga	124,9	3,07
6	Area de vertido	688,7	17,10
	Promedio del taller	674,93	16,76

3.2 Determinación de las características de los polvos

En la atmósfera de los talleres de fundición existen las partículas procedentes del proceso productivo, del movimiento interno de las materias primas, de los materiales de carga para los hornos de fusión, por lo que es necesario la determinación de las características de las partículas de polvos, así como de su tamaño, para la evaluación de la calidad ambiental de los talleres, debido a que algunos de los materiales utilizados son fuertes contaminantes como es el caso del cuarzo dañino al organismo humano y al desgaste de las maquinas y mecanismos.

3.2.1 Determinación de la composición mineralógica de las partículas de polvo

En la determinación de la composición mineralógica de las partículas de polvos, se empleo la técnica Difracción de Rayos X (DRX), la cuál constituye una técnica analítica de fases minerales de gran importancia en las investigaciones científica en el campo de la mineralogía moderna.

Para el estudio se utilizo una muestra representativa del polvo obtenido en cada uno de los puntos de muestreo en el taller de fundición confeccionando una muestra composito, la cual se analizo en el laboratorio de Difracción de Rayos X de la Facultad de Geología y Minería del ISMM. El procesamiento se realizo en un Difractómetro HZG-4 de la firma Carl Zeiss Jena de la antigua RDA. Con las siguientes condiciones trabajo.

Radiación empleada: $K\alpha$ Co

Angulo de difracción : Angulo inicial 5°

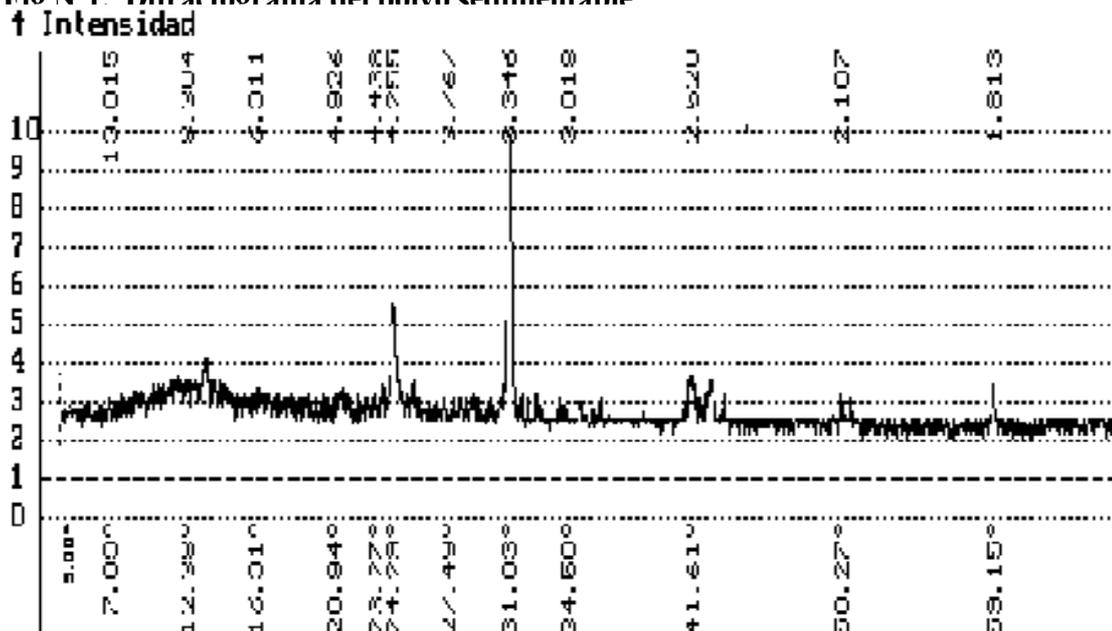
Angulo final 60°

Regimen de trabajo: 35 Kv. 30 mA.

Para el procesamiento de los datos e interpretación del difractograma resultante del análisis se utilizo el software Regintel 97 y la cartoteca ASTM. De datos de difracción.

El resultado del estudio realizado permitió obtener la siguiente información: La fase mineral que está presente en la muestra de polvo pertenece al cuarzo (SiO_2). Según los reflejos de difracción justificados por sus respectivos valores de la distancias interplanares (d_9 expresado en Å y sus intencidades (I) en % se dan en la figura 1. La fase mineral cuarzo, según ASTM: $4,255 \text{ Å}$ (5,5), $3,346 \text{ Å}$ (10), $1,813 \text{ Å}$ (4).

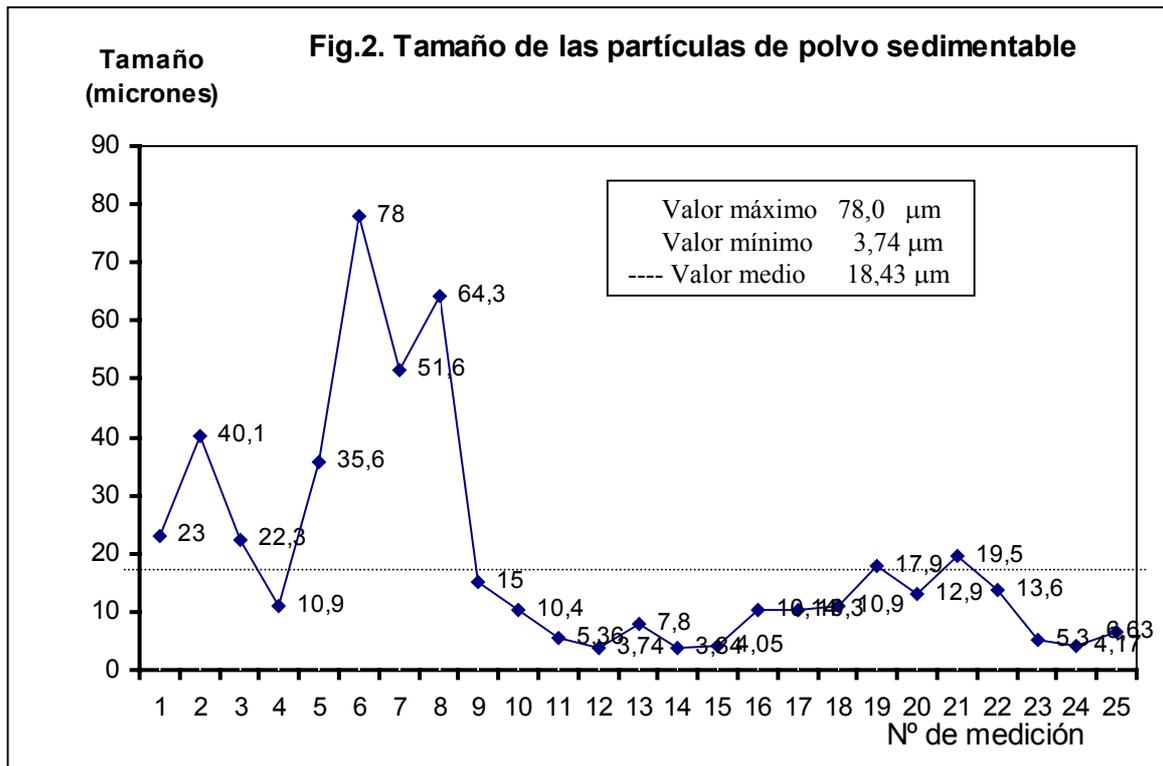
Fig N°1. Difractograma del polvo sedimentable



3.2.2 Determinación de la granulometría de las partículas de polvos

Para la determinación de las dimensiones de las partículas de polvos se utilizo el método recomendado en el libro de (Rudenko K.G. Y Kalmikov A.B en 1987) con el uso en las mediciones de un microscopio óptico sobre una línea recta de 2mm de longitud, en nuestro caso se utilizo 5mm para aumentar la cantidad de partícula. En este trabajo las mediciones se realizaron con el microscopio mineralógico de la firma Carls Zeiss de Jena de fabricado en

la antigua RDA con un aumento de $\times 50$, utilizando un ocular graduado tipo MOB-1-16 \times de fabricación Soviética, con un factor de corrección de escala de 0,0195 recomendado por el fabricante. Las muestras utilizada fue de las obtenidas sobre los cristales portaobjetos (polvo sedimentable), siendo fácil su manipulación y las variaciones en el tamaño de las partículas recolectadas, los valores obtenidos están representados en la figura #2.



3.3 Afectaciones por contaminación de las aguas

Las aguas se utilizan básicamente para los sistemas de enfriamiento de los hornos de fusión, los condensadores eléctricos, siendo esta agua del sistema de recirculación, la que se suministra por gravedad desde la torre de enfriamiento y el otro uso del agua en el taller es para fines domésticos (servicios sanitarios, lavamanos) esta agua proveniente del sistema de agua potable. Por el uso que se le da al agua en el taller de fundición, no recibe agentes contaminantes fuertes del proceso productivo. La contaminación posible por arrastre de sustancias utilizadas en la preparación de las mezclas de moldeo es poco probable, pero las mismas son poco agresivas y pequeñas proporciones, en general cuando arrastre por la lluvia. En los trabajos realizados con anterioridad por el (Instituto Latinoamericano del Fierro y el

Acero en 1975) y en las fundiciones de la región de Aragón en España por (Arteche en 1993), no se encontraron elementos de contaminación en las aguas por los procesos productivos de los talleres de fundición analizados.

En Cuba prácticamente no se utilizan sustancias tóxicas en la preparación de las mezclas para moldes y machos u otras operaciones en estos talleres, aspecto muy importante a tener en cuenta al introducirse aglutinantes químico muy usados en el mundo, lo cual se podrá producirse a medida que la situación económica de la empresa lo permita (se prevé en el programa de desarrollo), en el taller estudiado se pudo comprobar que las aguas vertidas a los sistemas de desagüe provenían exclusivamente del uso domestico.

3.4 Afectaciones por la contaminación por ruido en el taller

El ser humano se ve sometido durante la mayor parte del día, a la influencia más o menos directa del ruido, originándole molestias que pueden convertirse a largo plazo, en lesiones graves del sistema auditivo y nerviosos y/o en sus condiciones psíquicas. Las consecuencias más perjudiciales del ruido son: cambios auditivos temporales, patologías auditivas o daños permanentes, interferencias en la comunicación, afectaciones a los sistemas cardiovasculares, respiratorios, digestivos y nerviosos central.

Un oído normal permite captar sin esfuerzo, sonidos tan débiles como el murmullo del viento y ruidos tan potentes como los producidos por modernos reactores de turbinas de gas. Las pérdidas de la sensación auditivas aparecen cuando no se perciben los tonos y timbres de (500, 1000, 2000 Hz) y la pérdida de la sensibilidad auditiva hasta los 20 dB se considera normal.

En Cuba (Alvarez, 1987) los niveles máximos admisibles de ruido, se toman por la norma cubanas (NC: 19-01-13: 1983), siendo en los puestos de trabajo de 85 db(A) valor máximo sin necesidad de usar protección auditiva. Los valores de 120 db(A) provocan sensación dolorosa y con valores por encima de 135 db(A) debe utilizarse algún medio de protección auditiva, ya que pueden producirse alteraciones en el sistema auditivo y en el sistema de reacción de los trabajadores.

Los niveles de ruido en los puestos de trabajo en la república de Chile (Decreto N° 1745 de la República de Chile de 1993) se establecen en la tabla X como sigue:

Tabla X. Niveles de ruido en los puestos de trabajo en la República de Chile

Nivel de ruido en db(A)	Tiempo de exposición en horas
85	8
90	4
95	2
100	1
105	0,5
110	0,25

No se permite los niveles mayores de que 115 db(A) sin el uso de la protección auditiva. La dosis de ruido diaria D no debe de ser mayor de 1 y se puede calcular según (Decreto N° 1745 de la República de Chile de 1993), por la expresión que se da a continuación:

$$D = \frac{Te_1}{Tp_1} + \frac{Te_2}{Tp_2} + \dots + \frac{Te_n}{Tp_m}$$

Donde:

Te_n – tiempo de exposición a un nivel de ruido específico en (h)

Tp_n - tiempo de exposición a un nivel de ruido recogido en la tabla X

Los niveles máximos admisibles del ruido y los aspectos de protección contra ruidos constituyen los requisitos higiénicos sanitarios que habrán de observarse en los puestos y locales de trabajo con el objetivo de disminuir los efectos nocivos del ruido sobre los trabajadores que desarrollan su actividad laboral en los mismos, seleccionando como los lugares de medición los indicados en el plano del anexo con círculo naranja, en la selección de los mismos se utilizaron los criterios tenidos en cuenta en este capítulo. Para las mediciones se utilizó el medidor de sonido modelo NA-14 de fabricación japonesa, con los rangos de medición de 50-120 db(A), con rango de frecuencia de 315-8000 Hz, con retención del sonido de 60 s, las mediciones se realizaron con la colocación del micrófono de 1,2m y más de 1m de las paredes más cercano al punto de medición. Los valores obtenidos se dan en la tabla XI, al analizarlos podemos llegar a la conclusión, que se encuentran en su mayoría cercana o superiores al valor límite para el uso de protecciones auditivas. En los resultados reflejados en la tabla XI, se agrega una columna para determinar las interacciones de un área con otra,

así como el ruido ambiente existente en la misma cuando en ese punto de medición no existen operaciones del proceso productivo.

Tabla XI. Mediciones de los niveles de ruido en el taller de fundición

No	Lugar de muestreo	Nivel de ruido db(A)	Interacción con otras áreas
1	Sección de no ferroso	85	Trabajando el tambor limpiador
2	Sección de moldeo a maquina	83	Ruido ambiente
3	Maquina pequeña de moldeo	86	Ruido ambiente
4	Maquina grande de moldeo	88	Tiempo de moldeo 2 min con 2 s
5	Sección de moldeo manual	90	Maquina de moldeo grande
6	Sección de limpieza y acabado	87	Ruido ambiente
7	Sección de preparación de carga	82	Ruido ambiente
8	Sección de vertido	92	Trabajando la desmoldeadora
9	Sección de fusión hornos de inducción	90	Horno de arco
10	Sección de fusión hornos de arco	94	Puerta de carga abierta
11	Sección de fusión hornos de arco	98	Puerta de carga cerrada
12	Desmoldeadora	83	En vacío
13	Desmoldeadora	110	Con carga
14	Sección de acabado y limpieza	110	Puerta del área del tambor
15	Sección de acabado y limpieza	94	Area de corte con arco
16	Sección de acabado y limpieza	88	Area de corte oxiacetilénico
17	Sección de acabado y limpieza	82	Ruido ambiente
18	Entrada al taller puerta Oeste	75	Horno de arco apagado
	Promedio del taller	89,9	

CAPITULO IV

VALORACIÓN DE LAS AFECTACIONES EN EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA MECÁNICA DEL NÍQUEL

En este capítulo abordaremos dos aspectos que permitirán la determinación de la calidad ambiental en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, los mismos son los siguientes:

- *Análisis de las afectaciones ambientales en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.*
- *Análisis cualitativo de la calidad ambiental en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel*

4.1 Valoración de la calidad ambiental en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel

En la valoración del grado de afectación de la calidad ambiental en el taller de fundición estudiado, se utilizarán las determinaciones realizadas durante las mediciones de los elementos que afectan en lo fundamental al hombre y a las máquinas dentro del taller de fundición.

Algunos autores han utilizado parcialmente métodos similares como es el caso de (Arteche y otros en 1995) en las empresas de la rama metal mecánica en la región de Aragón en España y (Sequeras en Cortés en 1990) en la Universidad Central de Venezuela, fundamentando sus trabajos en definir previamente las incidencias en el medio ambiente, así como la evaluación integral de la calidad ambiental a partir de los valores del material particulado, así como la evaluación de los niveles de ruido en los sectores de trabajo del taller de fundición y la poca influencia en la contaminación de las aguas que se utilizan en estos procesos reductivos, en los trabajos (Arteche y otros en 1995 y del Instituto Latinoamericano del Hierro y del Acero en 1975), se comprobó que las aguas no son utilizadas en los talleres de fundición, aspecto

que coincidimos plenamente en nuestro trabajo. Como se analizó anteriormente el agua no emplea en las producciones de piezas fundidas.

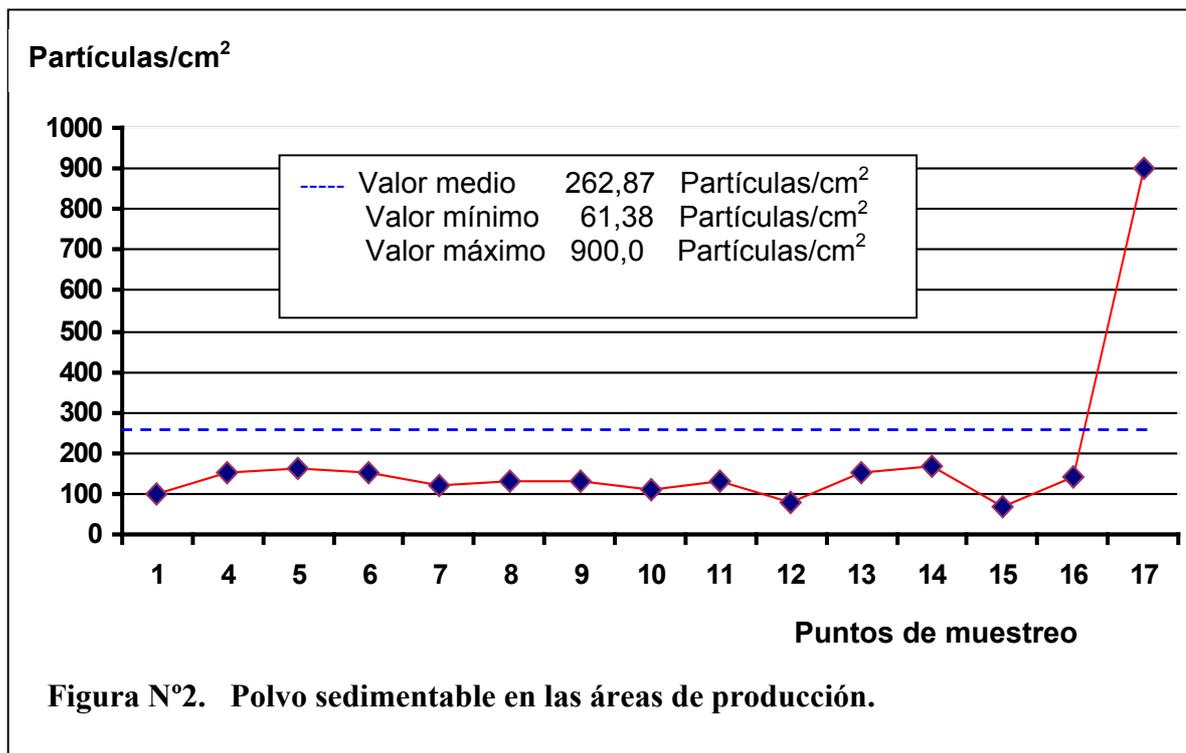
4.1.1 Afectaciones por polvo en el taller de fundición

- **Áreas de producción (nave principal)**

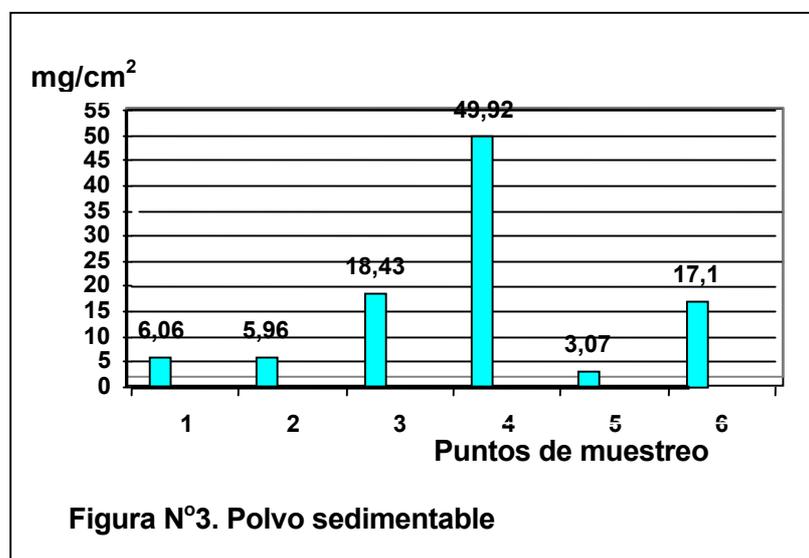
En las áreas productivas es la zona de moldeo donde mayor concentración de trabajadores existe en todo el taller de fundición, como se puede observar en figura N°2, donde se determinó la deposición de partículas, los valores más significativos obtenidos de las mediciones estuvieron entre el punto de medición #12 con 81,02 partículas por cm^2 lugar de menor concentración en esta parte del taller de fundición y en el punto 14 con el mayor valor de 166,12 partículas por cm^2 , ambos lugares para la toma de muestra se encuentran en el área de vertido. Se midieron valores por encima de 200 partículas por cm^2 en el área de limpieza y acabado, siendo esta área la de mayor contaminación, relacionada directamente con las operaciones que se realizan en ella.

Se puede apreciar en la figura N°2 el comportamiento de las cantidades de partículas en todos los lugares seleccionados para la toma de muestra, observándose bastante homogeneidad en los valores obtenidos para en todo el taller de fundición, solamente existe diferencia significativa en el área de acabado y limpieza que llega a 900 partículas por cm^2 , debido fundamentalmente por las operaciones que se realizan para la limpieza de las piezas fundidas.

Como se analizó en el capítulo anterior las partículas del polvo sedimentable por los resultados del análisis de difracción de rayos X realizados, corresponde a un mineral de cuarzo que fue el único compuesto obtenido en el difractograma, lo que ratifica su procedencia de las arenas de sílice utilizadas en los materiales de moldeo del taller. Como se conoce la sílice es el elemento fundamental en producir la enfermedad profesional de silicosis en el hombre y es por otra parte una sustancia altamente abrasiva ya que es utilizada comúnmente como material abrasivo.



En las mediciones realizadas durante 30 días para la determinación del polvo sedimentable se puede observar en la figura N°3, en la misma se aprecia en el punto N°4 el máximo valor correspondiendo al área del horno de arco eléctrico, siendo donde se manipulan los recipientes de desechos sólidos a los camiones, además de estar cerca del área de vertido lugar donde en las muestras tomadas en las placas portaobjetos, como se puede observar en la figura N° 2 se obtuvieron los valores mayores de contaminación.



Otro dato interesante es, en el área donde se obtuvo, el valor mínimo el punto N°5 área de preparación de carga que es la zona más alejada de la nave de producción, estando situada en la nave central en la parte Oeste del taller, por lo que se puede deducir que los vientos predominantes no transportan los contaminantes a esta área del taller, por ser los vientos predominantes de dirección Este, según se trato anteriormente.

4.1.2 Valoración de las afectaciones por ruido

El sonido físico (NC: 19-01-04: 80, NC: 19-01-10: 83, NC: 19-01-13: 83) es producido por las vibraciones de un cuerpo en un medio, en los talleres de fundición tenemos varias maquinas generadoras de ruido, entre ellas están: pisones neumáticos, las maquinas de moldeo por sacudidas, desmoldeadora, hornos por arco eléctrico, tambores de limpieza de piezas, corte de rebaba (arco eléctrico, cinceles).

En Cuba (Alvarez, 1987) los niveles máximos admisibles de ruido, se toman por la norma cubanas (NC: 19-01-13: 1983), siendo en los puestos de trabajo de 85 db(A) valor máximo sin necesidad de usar protección auditiva. Los valores de 120 db(A) provocan sensación dolorosa y con valores por encima de 135 db(A) debe utilizarse algún medio de protección auditiva, ya que puede producirse alteraciones en el sistema auditivo y en el sistema de reacción de los trabajadores.

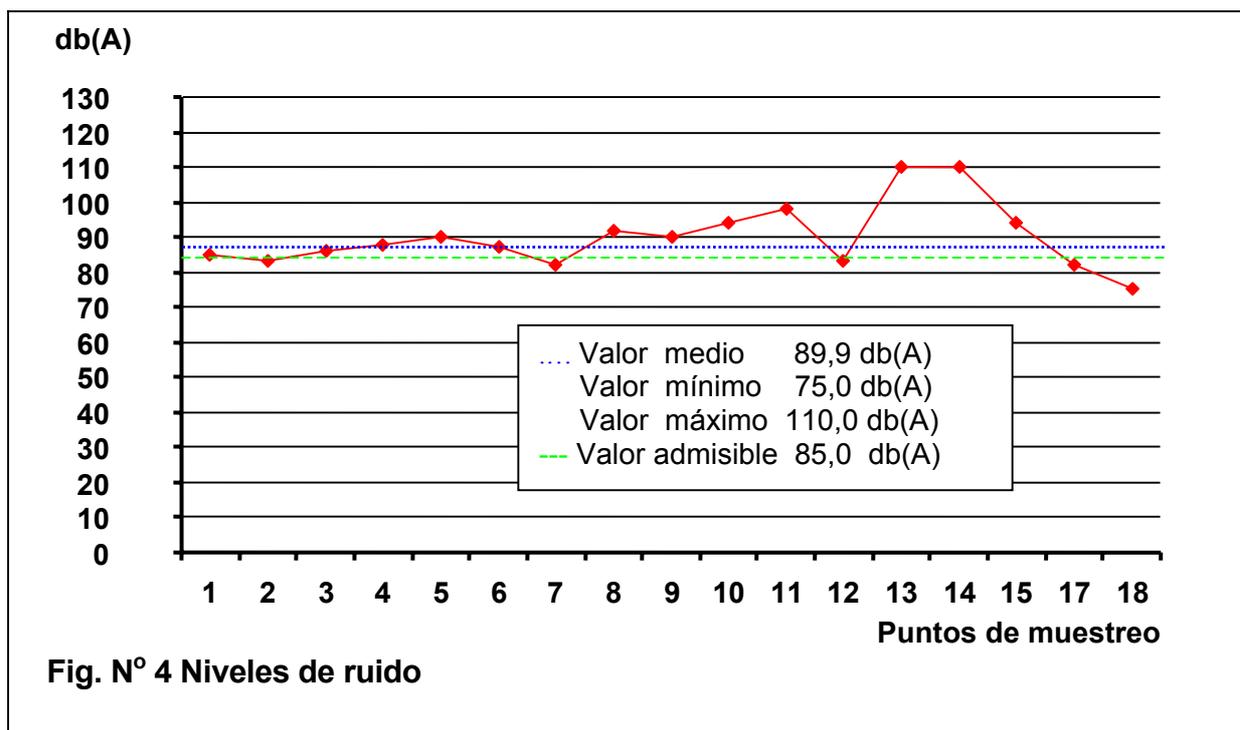
En la República de Chile no se permiten los niveles mayores a 115 db(A) sin el uso de la protección auditiva. La dosis de ruido diaria D no debe ser mayor a 1 y se puede calcular según (Decreto N° 1745 de la República de Chile de 1993), por la expresión dada en el capítulo N° 3 para el calculo de D.

En el estudio realizado en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, se puedo determinar como las secciones de mayor contaminación por ruido según se ve, en la figura N°4 la sección de moldeo en las maquinas de moldeo (dos maquinas funcionando a la vez) por sacudidas las cuales producen un ruido de gran intensidad que por las molestias que producen están por encima a los 85 db(A), en esta zona además se encuentra la maquina desmoldeadora, que al igual que las anteriores la afectación se produce por encima de los 85 db(A), la mayor incidencia se produce cuando ambos equipos coinciden en su

funcionamiento, es una de las secciones donde más concentración de obrero existen en el taller de fundición, lo cual se puede observar en la tabla XI.

Otro lugar con afectaciones por la contaminación por ruido, es en la sección de limpieza y acabado, área donde se encuentran instalados los tambores limpiadores, siendo su principio de funcionamiento el choque de las piezas fundidas entre sí, durante la rotación del tambor, la fabricación de este cilindro es de chapas de acero dobladas, su ubicación lo atenúa por estar ubicados en un área cerrada y dentro de ella durante el proceso de limpieza no permanecen obreros, pero si afecta a las área colindante, debido a que el ruido producido es extremadamente intenso como se puede ver el tabla XI, que llega a ser de 110 db(A) y el tiempo es grande en ocasiones en dependencia de la carga de producción de piezas pequeñas.

Este ruido se percibe prácticamente en todo el taller de fundición inclusive en áreas cerradas tales como las oficinas y el laboratorio.



4.1.3 Contaminación de las aguas en el taller de fundición

En los talleres de fundición las aguas industriales no reciben agentes contaminantes fuertes, ya que su uso fundamental es en los sistemas de enfriamientos de equipos

eléctricos como son hornos eléctricos, condensadores eléctricos, así otros uso es el domestico. La contaminación posible por arrastre de sustancias utilizadas en la preparación de las mezclas de moldeo no son agresivos fuertes ni en grandes proporciones, estos fueron estudiados con anterioridad en fundiciones de la región de Aragón en España por (Arteche, 1993) las aguas tuvieron poca contaminación.

4.2 Valoración cualitativa de la calidad ambiental de los talleres de fundición

Existen en todas las fundiciones determinados departamentos que se encuentran con mayor o menor grado de desarrollo en su proceso productivo, cada uno de presenta su problema peculiar y su influencia en la calidad ambiental por lo tanto los sistemas depuración de polvos.

Los estudios que se realizaron de las fuentes de contaminación en cada una de las áreas: de fusión y vertido, limpiezas y acabado de las piezas fundidas, preparación de las mezclas, moldeo y la fabricación de macho, taller de plantillería y de reparaciones mecánica y mantenimiento, se puede tener una idea para la selección de los equipos a utilizar en la depuración de las emanaciones propias en cada uno de ellos, los cuales pueden ser los propuestos por el proyecto original por cumplir estos con las exigencias técnicas requerida para los contaminantes existente en este taller de fundición. Lo que se requiere es una definición de la cantidad y lugar de su instalación ya que existen diferencias por modificaciones con respecto a la ubicación actual con respecto al proyecto original.

De acuerdo a los valores obtenidos en las evaluaciones del polvo sedimentable, la deposición de partículas y el nivel de ruido y por ser estos los elementos fundamentales que afectan la calidad ambiental en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel se proponen estos para la evaluación cualitativamente de la calidad ambiental en este taller de fundición.

Para lo que se propone en la tabla XII los niveles cualitativos para los niveles del polvo sedimentable y para los niveles de ruido. Estos valores se determinaron de acuerdo a los trabajos realizados por (Arteche y otros en 1995 y Hurtado en 1996) y de acuerdo a los valores obtenidos en las mediciones realizadas durante las tomas de muestras en el taller de

fundición y teniendo en cuenta los parámetros de los valores de los niveles admisibles para evitar el daño en especial en las afectaciones por ruido que puede influir rápidamente en el sistema nervioso de los trabajadores por ser estos los elementos receptores fundamentales y los valores definido por (Hurtado A. F., 1996) en su trabajo en la planta Termoeléctrica de la Empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara.

Tabla XII. Evaluación cualitativa de la contaminación de los talleres de fundición

Evaluación cualitativa	Nivel de ruido db(A)	# de partículas/cm² × día
Leve	< 69	< 20
Medio	70 ÷ 60	20 ÷ 60
Fuerte	80 ÷ 89	60 ÷ 120
Muy fuerte	90 ÷ 99	120 ÷ 250
Extremadamente fuerte	110	> 250

Si analizamos cada punto de muestreo de la tabla VII y XI, con la propuesta nuestra para la evaluación cualitativa a partir de los resultados obtenido durante las mediciones realizadas, se puede llegar a establecer con la propuesta realizada para la evaluación cualitativa de las afectaciones ambientales del taller de fundición según la tabla XII, que los resultados para la evaluación cualitativa de cada área del taller de fundición estudiado se puede observar en la tabla XIII.

Tabla XIII. Evaluación cualitativa para la concentración del polvo sedimentable

Puntos de muestreo	Lugar de muestreo	# Partículas/cm² × día	Evaluación de la contaminación
1	Sección de fundición no ferrosa	97,36	Fuerte
2	Cuarto de transformadores	66,16	Fuerte
3	Cuarto de convertidores	33,63	Medio
4	Plataforma hornos de inducción	151,50	Muy fuerte
5	Plataforma hornos de inducción	163,37	Muy fuerte
6	Area de preparación de mezcla	153,87	Muy fuerte
7	Area de moldeo manual	122,28	Muy fuerte
8	Embudos alimentadores maquinas de moldeo	131,62	Muy fuerte
9	Area de fabricación de machos	133,28	Muy fuerte
10	Transportadores de las mezclas de moldeo.	109,25	Fuerte
11	Area de desmoldeo	130,28	Muy fuerte
12	Area de vertido	81,02	Fuerte
13	Area del horno de arco	152,87	Muy fuerte
14	Area de vertido	166,12	Muy fuerte
15	Area de preparación de carga	61,38	Fuerte
16	Area de vertido	142,12	Muy fuerte
17	Area de limpieza de piezas	900,0	Extremadamente fuerte
	Promedio del taller	262,87	

Si observamos estos valores de la evaluación cualitativa se pueden calificar entre muy fuerte y extremadamente fuerte, lo cual hace de por sí, a los talleres de fundición como instalación industrial con alto grado de contaminación ambiental, por otra parte, como se observa en la figura N°2, los valores del tamaño de las partículas están en el orden, de los 3,74 μm hasta los 78,0 μm , siendo el tamaño medio de las partículas de polvo de 18,39 μm y como se indica en el difractograma dado en la figura N°1 el polvo existente en la atmósfera del taller de fundición es cuarzo el único constituyente presente en las muestras analizadas, como en toda instalación industrial es importante tener en cuenta las contaminaciones atmosférica por el grado de agresividad del cuarzo sobre el hombre y las maquinas.

Otro aspecto al cual nos hemos referimos en el transcurso de este trabajo ha sido la contaminación por ruido la cual la podemos evaluar teniendo en cuenta los valores establecidos en Cuba por la NC: 19-01-04: 80; 19-01-10: 83; para lo cual los ruidos con valores por encima de 85 db(A) se deben utilizar las protecciones auditivas. Durante el desarrollo del trabajo aunque los trabajadores tenían las mismas no las utilizaban. La valoración cualitativa del taller de fundición según los niveles propuestos en la tabla XII y las mediciones realizadas dadas en la tabla XI, se puede observar en la tabla XIV.

Tabla XIV. Evaluación cualitativa para los niveles de ruido

Puntos de muestreo	Lugar de muestreo	Nivel de ruido db(A)	Evaluación de la contaminación
1	Sección de no ferroso	85	Fuerte
2	Sección de moldeo a maquina	83	Fuerte
3	Maquina pequeña de moldeo	86	Fuerte
4	Maquina grande de moldeo	88	Fuerte
5	Sección de moldeo manual	90	Muy fuerte
6	Sección de limpieza y acabado	87	Fuerte
7	Sección de preparación de carga	82	Fuerte
8	Sección de vertido	92	Muy fuerte
9	Sección de fusión hornos de inducción	90	Muy fuerte
10	Sección de fusión hornos de arco	94	Muy fuerte
11	Sección de fusión hornos de arco	98	Muy fuerte
12	Desmoldeadora	83	Fuerte
13	Desmoldeadora	110	Extremadamente fuerte
14	Sección de acabado y limpieza	110	Extremadamente fuerte
15	Sección de acabado y limpieza	94	Muy fuerte
16	Sección de acabado y limpieza	88	Fuerte
17	Sección de acabado y limpieza	82	Fuerte
18	Entrada al taller puerta Oeste	75	Medio
	Promedio del taller	89,9	Fuerte

Como evaluación cualitativa final se puede analizar la propuesta dada en la tabla XV para definir la calidad ambiental en los talleres de fundición donde se tomaron en cuenta las tablas XIII y XIV.

En este trabajo se considera importante el análisis de la calidad ambiental del taller de fundición el añadirle la incidencia del ruido por ser muy característicos de estos talleres, así como en otras empresas de la rama siderurgia, por los altos valores obtenidos en las mediciones de esta contaminación, así como también el polvo contaminante existente por la naturaleza del mismo, según el estudio de difracción de rayos X realizado son de sílice y el tamaño de las partículas presentes. Además se introdujo el factor de riesgo de residuos tóxicos peligrosos por la posibilidad de la silicosis en los trabajadores y los desgastes por fricción en los pares cinemáticos. La valoración realizada se puede observar en la tabla XV.

El trabajo realizado por (Arteche y otros en 1995) en una serie de empresas de la rama metalmeccánica en la región de Argón en España, daremos una evaluación cualitativa de cada una de los sectores o áreas del taller de fundición de la Empresa Mecánicad del Níquel como se puede observar en la tabla XIV.

Tabla XV. Evaluación de la calidad ambiental en el taller de fundición

Sectores	Residuos tóxicos y peligrosos	Medios de incidencia		
		Aguas residuales	Emisiones atmosféricas	Ruidos
Area no ferrosa	Si	Baja	Fuerte	Fuerte
Preparación de las mezclas de moldeo	Si	No	Muy fuerte	Fuerte
Moldeo	Si	No	Muy fuerte	Muy fuerte
Fusión hornos de inducción	Si	Baja	Muy fuerte	Muy fuerte
Fusión horno de arco eléctrico	Si	Baja	Muy fuerte	Muy fuerte
Vertido	Si	No	Muy fuerte	Muy fuerte
Acabado y limpieza	Si	Baja	Extremadamente fuerte	Muy fuerte
Preparación de carga	Si	No	Fuerte	Fuerte
Evaluación general del taller	Si	Baja	Muy fuerte	Muy fuerte

De los resultados analizados en la tabla XV, se puede decir que la calidad ambiental del taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel es mala por lo que podemos expresar, que su sistema para gestión ambiental presenta deficiencia. Considerando como tal el grado de deterioro y destrucción de los sistemas de recolección de las emanaciones a la atmósfera en las diferentes operaciones del proceso productivo, las cuales estaban previstas en el proyecto y en estos momentos están desactivadas como se analizó al comienzo del trabajo.

Como se analizó anteriormente las magnitudes de los elementos contaminantes son elevadas, al carecer de un sistema eficiente de tratamiento de las emisiones producidas en el taller de fundición, es prácticamente imposible evitar o mitigar la contaminación. Por otro lado se pueden definir del estudio realizado que en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel existen dos elementos fundamentales que afectan la calidad ambiental de los mismos:

- Partículas de polvo, humos y gases en la atmósfera del taller.
- El ruido que se produce durante el proceso productivo fundamentalmente en las maquinas de moldeo, las labores de desmoldeo y en los trabajos de limpieza y acabado.

4.3 Lineamientos generales para el sistema de gestión ambiental.

Es decisivo colocar en el mismo nivel de importancia el mantener los volúmenes de producción en los talleres de fundición y el estado aceptable del medio ambiente, para ello es imprescindible la implementación de un sistema para la gestión ambiental por de la empresa para el taller de fundición.

La gestión ambiental determina el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en la toma de decisiones, respecto a la conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente, sobre la base de la información multidisciplinaria, debidamente coordinada, ayudando a establecer el comportamiento de la empresa con respecto al medio ambiente, los mecanismos para el cumplimiento de las normativas vigentes y propuestas necesarias para la optimización del uso de los recursos y previsión de los impactos ambientales, así como su control y monitoreo.

Ante la pregunta que justifique la implementación por parte de la empresa de un sistema de gestión ambiental, se plantea que existen razones legales, económicas y éticas que muestran la necesidad y ventajas del mismo, tales como:

- **Ecológicas y Ambientales:** Prevención de vertimientos y emisiones, su control y reducción o mitigación de los efectos que provocan al medio ambiente.
- **Financieras:** Reducción de los costos para la deposición de residuos; uso racional y rentable de las materias primas (reciclaje) y ventajas en la posición competitiva.
- **Legislación y Regulación:** Habilidad para operar con las legislaciones internacionales y nacionales, además de la posibilidad de operar junto a las regulaciones.
- **Responsabilidad:** Se relaciona con la salud y seguridad de los trabajadores; daño ambiental de las aplicaciones de los procesos y productos y la responsabilidad personal de la administración del taller.
- **Imagen Pública:** Se relaciona con la opinión de los consumidores; los vecinos cercanos a la empresa y la opinión de los trabajadores.
- **Definir la política ambiental:** Esta debe basarse en el uso racional de los recursos y el incremento de la eficiencia tecnológica, en nuestro caso existe los documentos directores de esta actividad de protección del medio ambiente establecido por el ministerio de la industria básica acorde con la Ley 81 de 1997.
- **Utilizar el manual de gestión ambiental:** Constituye una guía que posibilita el trabajo de la empresa en la temática ambiental, con las directrices y lineamientos más importantes y de mayor prioridad.
- **Actualización de toda la documentación:** En este caso resulta muy útil y necesario tener definido y actualizado los siguientes documentos:
 - Mapa de ubicación, indicando el lugar y sus alrededores, tanto en relación con las propiedades de la zona industrial, como los ríos y áreas de conservación.
 - Planificación de servicios de suministro.
 - Resumen de la historia del lugar.
 - Determinación del responsable de las materias ambientales en la empresa.
 - Resumen de las actividades habituales (incluyendo procesos específicos y diagramas de flujo).
 - Fuentes principales de energía y consumo anual.

- Detalles del uso del agua.
- Planos que muestren la ubicación de productos químicos peligrosos; servicios soterrados (alcantarillado, drenajes, tuberías), tanques soterrados- puntos de descarga de los diferentes efluentes y áreas de deposición de residuos.
- Descripción del equipamiento de control de contaminación de la empresa.

Esto asegurará que se entienda la necesidad del cambio de actitud hacia el medio ambiente, fundamentalmente la atenuación y monitoreo posiblemente, tengan ellos mismos que implementar. Siendo necesario dar capacitación al personal técnico y administrativo que trabaja en la Empresa Mecánica del Niquel (Hurtado F. G., 1997).

En el sistema de gestión ambiental la capacitación de trabajadores y directivos, se realizara por profesionales con experiencia en la temática ambiental, resultando necesario incorporar algunas especialidades que se relacionan con el manejo ambiental de la industria metalúrgica y los centros de la educación superior o de investigaciones dedicados al trabajo de la protección ambiental, para lo que se trabajara en:

- Curso introductorio sobre la temática ambiental.
- Monitoreo de la calidad del aire y control de la contaminación.
- Manejo de desechos sólidos, control e higiene industrial.
- Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos y atenuación de la contaminación.
- Control de sustancias tóxicas y manejo de desperdicios peligrosos.
- Control de ruido.
- Protección de los recursos naturales y planificación del uso de la tierra.
- Evaluación de los impactos socio económico.

En lo referente a la exposición de los trabajadores a los altos niveles de ruido, es recomendable promover el uso de las protecciones contra el ruido y asegurar que los niveles de ruido sean los adecuados, en lugares donde concurren personas, además de la señalización adecuada. Dentro del sistema de gestión ambiental en los talleres de fundición, el programa de monitoreo juega un papel decisivo, pues proporciona la información que indica que los impactos inevitables, cumplen con los límites aceptables desde el punto de vista ingeniería y ambiental, dando una advertencia oportuna en el caso de que las condiciones ambientales sean inaceptables. La duración del monitoreo depende del grado de afectación existente y el tiempo en que perdura el impacto.

Se tendrá que monitorear el aire de forma sistemáticamente, para controlar los contaminantes primarios que emite el taller, estableciendo el equipamiento a fin de medir la cantidad de las emisiones y su concentración a nivel del suelo en los lugares de recepción preestablecidos. Se requerirá una caracterización de las condiciones meteorológicas del lugar para determinar un modelo del comportamiento del aire. Es necesario controlar el aire del lugar de trabajo para estudiar y analizar los niveles de polvo, gases tóxicos y el ruido a fin de proteger al personal de operación.

Se deben controlar los contaminantes vertidos, así como los parámetros de la calidad del agua importante para la salud humana y el bienestar público, analizando los puntos de descarga donde se considere ambientalmente importante.

El programa de monitoreo debe ser de manera tal que se pueda obtener la información confiable, que ayudará a determinar el estado de los recursos ambientales afectados y sirva de base para las decisiones administrativas en cuando a las posibles medidas de mitigación que deben ser implementadas.

4.3.1 Consideraciones generales sobre el manejo ambiental.

En las emisiones al aire: Incluye los siguientes aspectos.

Enmarcar las operaciones de las instalaciones, en las normativas ambientales para las emisiones atmosféricas.

Registrar con todo detalle las fuentes de emisión de la empresa.

Incorporar los mecanismos de control de las emisiones atmosféricas y el mantenimiento de dichos mecanismos.

Implementar el monitoreo atmosférico en zonas aledañas a la empresa.

Mantener un control de los niveles de las emisiones atmosféricas.

Estudiar la naturaleza físico química de las emisiones.

Analizar la contribución del resto de otras fuentes potenciales de contaminación del aire en áreas vecinas (Empresa Cmdte. Pedro Soto Alba y la Empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara).

Para el suministro de agua y afluentes líquidos: Incluye los siguientes aspectos.

Descripción de todas las fuentes de suministro de agua a la empresa.

Definir el responsable, autoridad o organización que está involucrada en el suministro de agua.

Estudiar todos los tipos de efluentes líquidos y su comportamiento tales como: las aguas residuales del proceso tecnológico, aguas de enfriamiento, aguas servidas (domésticas) y aguas superficiales, incorporando análisis de cada uno de ellas.

Definir cuales son los sistemas de drenajes y proponer el establecimiento de los mismos por separado, tanto para los vertimientos del proceso productivo, como los vertimientos de las aguas servidas y los escurrimientos superficiales.

Establecer el tratamiento específico a los afluentes líquidos de la empresa.

Realizar las descargas y vertimientos bajo las normas y permisos ambientales vigentes.

En el manejo y almacenaje de productos químicos en la empresa: Incluye los siguientes aspectos:

Establecer un inventario, incluyendo cantidades y ubicación de estos materiales por separado, para cada sustancia peligrosa.

Realizar la recepción de forma regulada y almacenarías de acuerdo a las normas de seguridad vigentes.

Proporcionar entrenamiento al personal a cargo del manejo y almacenaje de materiales peligrosos.

Tener las debidas precauciones de seguridad en el almacenamiento tanto a granel como en tanques y cisternas

Para el manejo de residuos sólidos: Incluye los siguientes aspectos.

Realizar seguimiento a los registros en relación con la deposición de los residuos.

Analizar la ubicación y tratamiento de los residuos de la empresa

Establecer los mecanismos de deposición de residuos,

Enmarcar las operaciones de vertimientos de estos desechos a los permisos y normas ambientales vigentes.

Intensificar las investigaciones que minimicen la generación de residuos (reciclaje) en la empresa.

Descripción de los terrenos que han sido utilizados como vertederos, incluyendo la naturaleza y ubicación de los materiales vertidos.

Para el ruido en la zona de trabajo: Incluye los siguientes aspectos.

Aplicar las reglamentaciones en relación con el ruido ambiental.

Determinar las fuentes de ruido, lugar y pasos a seguir para su control.

Conclusiones

En el análisis de los resultados obtenidos, se puede decir que existen altas concentraciones de polvos sedimentable en el aire y ruido en las zonas de trabajo del taller de fundición estudiado, estando constituido este polvo fundamentalmente por partículas de cuarzo según los análisis de difracción de rayos X realizados a las muestras de polvo recogidas, lo que hace una atmósfera en los puestos de trabajo altamente contaminada, lo que puede ocasionar daños irreparables a la salud de los trabajadores y parejamente deterioro prematuro de las maquinas en especial en los pares cinemáticos, así como en los equipos eléctricos.

En el estudio realizado se puede decir, que la metodología establecida en el trabajo se verifico y que la hipótesis formulada al comienzo del mismo, fue validas:

- *El proceso productivo de los talleres de fundición son las causas que provocan la disminución de la calidad ambiental de estos y del medio circundante, si no se emplean los sistemas de recolección de polvos y gases adecuados y se garantiza una ventilación natural o forzada en estas instalaciones.*

Se puede definir que prácticamente en todas las áreas hay un alto nivel de contaminación, según se puede apreciar en la tabla XIV, por otro lado se demostró a partir del difractograma de la figura N°1, que el elemento formador de los polvos es la arena sílice utilizada en la preparación de las mezclas de moldeo, el tamaño de las partículas del polvo depositado, se pudo determinar que fue variable. Otro elemento introducido en este trabajo es la consideración de las mediciones de ruidos, como un contaminante fuerte en el taller de fundición, aspecto no utilizado por otros autores en trabajos anteriores (Arteché, 1995 y el Instituto del Fierro y el Acero en 1975).

Se comprobó que el agua en el taller de fundición nos utiliza en su proceso productivo por lo que no sufre contaminación.

El taller de fundición genera un volumen apreciable de desechos sólidos (mezclas de moldeo usadas, escorias, material refractario), de no tenerse una disciplina en su vertido, puede incidir en el suelo y el paisaje, como ha pasado en años anteriores en la parte trasera de la Empresa Mecánica. Por lo que se debe utilizar el lugar previsto dentro del sistema de gestión ambiental.

El taller estudiado a pesar de ser una instalación con pocos años de explotación tiene un alto grado de deterioro de la calidad ambiental, por lo nos podemos hacer la pregunta; ¿Cómo será la calidad ambiental en otras instalaciones del Minaz u otros organismos?. Que con decenas de años de construidas y sin proyecto para la organización del proceso productivo, por lo que en equipos para garantizar una calidad ambiental en los puestos de trabajo es prácticamente nula.

Recomendaciones

- Emplear la metodología empleada para la evaluación de la calidad ambiental en otros talleres de fundición.
- Implementar un sistema de gestión ambiental en las empresas, que permita un cambio de actitud de los trabajadores, para la protección del medio ambiente.
- Realizar un estudio en el taller de fundición evaluado, para la ubicación de las tomas de aspiración, así como el restablecimiento de los sistemas de recolección de polvos y gases.
- Continuar las evaluaciones para la determinación del impacto ambiental que produce el taller de fundición sobre otras instalaciones de la empresa cercanas al mismo como es el caso del taller de maquinado.
- Establecer un sistema para el manejo de los desechos sólidos y el permiso de la ubicación del vertedero para su deposición.
- Determinar los niveles de emisión a la atmósfera del taller a las zonas vecinas de la empresa.
- Utilizar otras materias primas menos contaminantes como es el caso del uso de las arenas de dunitas.
- Establecer un sistema de mantenimiento a los sistemas de purificación de los gases (recolección de polvos y humos) que garantice su eficiencia.
- Establecer un sistema educación ambiental para la formación de la dimensión ambiental entre los trabajadores y directivos de las empresas.

Otro aspecto en el cual se debe trabajar, es en el manejo de los desechos sólidos, para lo cual no existe al existir en la Empresa mecánica del Níquel de un sistema de gestión ambiental para lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Lograr una gestión integrada de los residuos.
2. Introducir mejoras en los procesos productivos, que son fuentes de generación de los residuos. Mediante inversiones tecnológicas que produzcan una producción limpia.

3. Para la identificación de los residuos (es decir, examinar que características lo definen para su posterior manipulación).

- Su presentación en recipientes adecuados.
- Su transporte.
- Su almacenamiento.
- Lugar adecuado para verterlo en función del sistema de gestión municipal.

Finalmente, se pudieran recomendar para el tratamiento de los residuos sólidos diversas alternativas tales como:

- Almacenamientos en depósitos seguros.
- Tratamiento para su transformación en producto no tóxicos o en otros utilizables, según el caso.
- Reciclado, para ser utilizado nuevamente.

BIBLIOGRAFIA

- Acuña Rodríguez W., Estudio de las características eólica de Moa para su utilización en la generación eléctrica alternativa. Moa, ISMM. 1995.
- Adasme A. Cecilie. Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Mineros. SERNAGEomin. Pag. 29. Santiago de Chile. 1996.
- Alvarez Denis J. Enfermedades profesionales en Cuba. Editorial Científico – Técnica . Ciudad de La Habana. Cuba. 1987.
- Arteche Rodríguez F., Martínez Fernández R. Y Montes Fuentes Y., Estudio de la Calidad Ambiental Industrial. Ingeniería Química, Junio, Pag. 133-140, 1995, Madrid.
- Botler, J.D., Air Pollution Chemistry; Editorial: Academic Press. Nueva York. 1979.
- Boytel Yambu F. Geografía Eólica de Oriente. Instituto del Libro, La Habana, 1972.
- Casas R. José V. Conceptos de Contaminación por Automóviles. Transporte Urbano y Medio Ambiente, Editorial Universidad Pedagógica de Colombia, Tunja, Colombia; 1994.
- CESIGMA. Reconocimiento ambiental de la Empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara. La Habana. CESIGMA División América, 1995.
- Constitución de la República de Cuba. Gaceta Oficial de la República de Cuba. La Habana. 1º de Agosto de 1992.
- Decreto Nº 1 745. 1993. Chile. Transporte, seguridad y Salud. El Escorial. 1993. España.
- Del Hierro y de los Heros J.M., Riegos específicos en tareas de mantenimiento, Transporte, Seguridad y Salud, Pag. 129-153, Editorial Federación Estatal de Transporte y Comunicaciones y Mar CC.OO, El Escorial, España, Febrero 1993.
- Ley Nº 81 del Medio Ambiente de La República de Cuba del 11 de Julio de 1997, Editorial: Gaceta de la República de Cuba, 60 paginas, La Habana, Cuba, 1997.
- Formulación y evaluación de proyecto ambientales compatibles. Chile: Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos, 1988.
- Gómez Miñana José M., Aceites usados: El renacimiento de la regeneración. Medio Ambiente. Año IX, Marzo - Abril, pag. 40 - 54, Madrid, 1996.
- Guardado Lacaba, R., Curso de Sistema de Gestión Ambiental. Moa. ISMM. 1996.
- Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero y la Unión de Empresa y Entidades Siderúrgicas. Contaminación en Siderúrgica. Madrid. 1975. Pag. 514.
- Izquierdo P.R., Terrero M.E. y Fuentes Ma. C., Revista Minería y Geología, Vol. XIV, Nº 1, Pag. 53-59, ISMM, Moa, 1997.

Letayf J.,Gonzalez C., Seguridad, Higiene y control ambiental. Editorial Mc Graw – Hill Interamericana. Pag. 388. México. 1994.

Manual de Mineralogía de Dana. Ediciones Revolucionaria. La Habana.

Morales R. F., Pino E., Suárez I. y otros. Estudio de la calidad ambiental en las empresas de construcción de maquinaria. Taller Internacional PROTAMBI. Moa. 1997.

Morales R. F., Valoración de la contaminación de polvo en los talleres de fundición. Conferencia Internacional de aprovechamiento racional de los recursos minerales CINAREM. Moa. 1998.

NC: 19-01-03: 1980 (CU). Aire de la zona de trabajo. Requisitos generales higiénicos – sanitarios.

NC: 19-01-04: 1980 (CU). Ruido. Requisitos higiénico sanitarios.

NC: 19-01-06: 1983 (CU). Medición de ruidos en lugares donde se encuentren personas. Requisitos generales.

NC: 19-01-10: 1983 (CU). Ruido. Determinación de la potencia sonora.

NC: 19-01-13: 1983 (CU). Ruido. Determinación de la perdida de la audición. Método de medición.

NC: 19-01-31: 1982 (CU). Aire de la zona de trabajo. Determinación total de polvo.

NC: 93-02-202: 1987 (CU). Requisitos higiénicos sanitarios. Concentración máximas admisibles, altura mínima de expulsión y zonas de protección sanitaria.

NC: 93-02-203: 1986 (CU). Requisitos generales para el muestreo del aire.

Reglamento para la realización y aprobación de las evaluaciones de Impactos Ambientales, Resolución 168/95, CITMA, La Habana, 1995.

Resolución 130/95, Reglamento para la Inspección Ambiental Estatal, CITMA, La Habana, 1995.

Rudenko K.G. Y Kalmikov A.B., Eliminación y captación de polvos durante el tratamiento de minerales, tercera edición, Moscú, Nedra, 1987.

Salcines Merino M., Tecnología de Fundición, Editorial Pueblo y Educación, 1985, La Habana. Cuba.

Santo Santos E., Gavitan G. Irma, Korkowski P. I., Manejo adecuado de los residuales químicos en los laboratorios de química orgánica, II Inventario de trabajos sobre medio ambiente en la UNAM 1993-1994, Facultad de Química, 1994, Ciudad de México.

Scliar, C., Amianto: mineral mágico o maldito? Ecología humana y disputa político-económica, Belo Horizonte, CDI- Centro de Documentación e Información LTDA., 1998.

Sequera de Genatios G. y Cortés Marlau I., Contaminación del aire por material particulado en suspensión en espacios interiores. Estudio Piloto. Revista Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Vol. 5, Nº 1. Pag. 13 – 33. Caracas. 1990.

Siska Frantisek. Los riesgos Físico – químicos y biológicos del medio laboral, Editorial Universidad Técnica, Kosice, Eslovaquia. 19876.

Ternero Rodríguez M. y Sequeiras Modueño L. Estudio de especiación de metales pesados en la materia particulada atmosférica de la ciudad de Sevilla. Tecno Ambiente, No. 65, Octubre, Madrid, 1996

Velasco Absoló J., Metodología de la Evaluación sonora de un puesto de trabajo. Revista Marfre Seguridad. Año 9. Nº 36. pag. 3 –10. 1989.

Vutsa P., Grimanis A., Samara C.; Elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. Environmental Pollution, Vol. 94, No. 3, pp. 325 - 335, 1995. Gran Bretaña.

Work, K; Warner, C. F. Contaminación del aire: Origen y control. Universidad de Purdue. Grupo Noriega Editor. España. 1990.