

Simulación Los Carros Porta Pellas A Través De Un Análisis Estructural Por Elementos

Finitos.

Salazar José¹ Díaz, Frank²
Jsalazar123@hotmail.com,¹ frankreinaldodiazmagallanes@gmail.com.²
UNEXPO Vice-Rectorado Puerto Ordaz.
Centro de Diseño Mecánico¹
Centro de Ingeniería de Fabricación².

Resumen: En la presente investigación se realizó el análisis estructural por elementos finitos, en los carros porta pellas, durante su recorrido dentro de los hornos de cocción con la finalidad de conocer el comportamiento de los esfuerzos y deformaciones generadas en la estructura como consecuencia de las cargas externas aplicadas, cabe destacar que estas cargas incluyen el peso propio de la estructura, la carga pellas que será sometidas al proceso de cocción y el efectos de las presiones generadas dentro del horno. Durante el desarrollo del trabajo se logro cuantificar los esfuerzos y las deformaciones generadas cuando la estructura trabaja a su máxima carga con el objetivo de validar y conocer el modelo matemático planteado que define el comportamiento estructural del carro porta pella bajo efecto de las cargas aplicadas.

Palabras clave: Simulación, Cuerpo Central, Deformación, Esfuerzos.

Las plantas de pellas dentro de las empresas siderúrgicas han venido desarrollando un rol importante, como principal procesador de la materia prima del mineral de hierro donde se alcanza concentraciones que alcanza un 99 % de pureza, esto es posible debido a los diferentes procesos y tratamientos metalúrgicos aplicados a las pellas durante el ciclo conformación y cocción.

El ciclo de cocción de las pellas se desarrolla en hornos de combustión con diferentes fases térmicas, durante este ciclo las pellas son trasladadas dentro del horno mediante una estructura metálica denominada carro porta pellas que forma de un

eslabón de una cadena cerrada, sobre el cual se vacía la carga de pellas verdes, para ser sometidas al ciclo de cocción dentro del hornos.

Durante el recorrido del carro porta pella dentro del horno experimenta deformaciones no controladas desde el punto de vista operacional, lo cual genera paradas no planificadas debido a las deformaciones y fallas estructurales del mismo que paralizan su traslado, en este sentido se desarrollará una investigación que permitirá obtener las condiciones operativas optimas, que garantice la mayor durabilidad del carro porta pellas en condiciones de trabajo a través de un análisis por elementos finitos.

Las plantas de pellas cuentan actualmente con un sistema de traslado de las pellas dentro de los hornos de cocción, mediante el uso de cadenas cerradas. Estas cadenas están conformadas por un conjuntos de carros porta pellas unidos como eslabones de la cadena, sobre el cual se vacía toda la carga de las pellas verdes antes de introducirlas al horno.

Antecedentes: Considerando el peso de las pellas y las carga externas por efecto de la presión, conjuntamente con el efecto de los gradientes de temperatura dentro del horno, se han desarrollado trabajos de investigación para el análisis de los carros porta pella con el objetivo de mejorar el desempeño estructural dentro del horno, en este sentido el Ing. Díaz M, Frank R. (2010)^[1]: “Desarrollo su trabajo de grado en la empresa TAMECA, con el objetivo de elevar las propiedades mecánicas del carro porta pellas

mediante el diseño del ciclo de tratamiento térmico: normalizado - revenido para acero de medio carbono ASTM A217 WC6.” No obstante el Br. Pilco Jhonphir (2010)^[2]. “Desarrollo un analizar la criticidad de los carros de carro porta pellas del sistema de recepción de mineral de hierro de Planta de Pellas SIDOR C.A. ”

Todas estas investigaciones han surgido con la necesidad de la siderúrgica de lograr un mayor desempeño de los carros porta pellas dentro del horno, con la finalidad de disminuir los tiempos de paradas no programadas que afectan los niveles de producción de la planta.

El problema: Las empresas siderúrgicas han desarrollado proyectos estratégicos para las mejoras de cada uno de sus procesos industriales, mantenido un ritmo progresivo no solo en las mejoras de su parque industrial sino también en la reducción del impacto ambiental que produce la fabricación del acero, para así, garantizar un nivel competitivo óptimo en el mercado internacional.

Está siderúrgica conformada por 6 plantas con procesos industriales distintos, siendo la principal de ellas Planta de Pellas, cuya importancia radica en el hecho de que ésta planta recibe, almacena, mezcla, muele y acondiciona la materia prima del acero de alta calidad.

La Planta de Pellas a su vez está dividida por tres áreas:

- ✓ Manejo de material.
- ✓ Preparación y molienda.
- ✓ Peletización.

El área de manejo de material inicia su proceso con la recepción del mineral fino de hierro suministrado por Ferrominera Orinoco mediante trenes, para su almacenamiento y para su posterior preparación dentro del proceso siderúrgico, la importancia de

esta área para la planta de pellas, es su capacidad de suministrar el mineral, mediante el uso de una tolva de recepción de mineral de hierro, dos carros de arado y un conjunto de cintas transportadoras que conforman el sistema de recepción de mineral de hierro.

Las pellas durante el proceso de cocción, son transportadas por un conjunto de carro porta pellas como se muestra en la figura 1, el cual circula dentro de un horno de cocción. Durante su traslado el carro experimenta cambios térmicos alcanzándose temperaturas por el orden de 350°C, 800°C, 1200°C respectivamente, como parte del proceso productivo de la planta. Estos cambios térmicos, unido a las cargas externas aplicadas a la estructura del carro, como consecuencia de las lamas y el peso propio de las pellas como se muestra en la figura 2, han generados deformaciones estructurales no controladas, que interfieren en las condiciones operativas del sistema de transporte del carro porta pella, ocasionando paradas no programadas que afectan directamente los niveles de producción en la planta.



Figura 1: Estructura del carro porta desincorporada del proceso de cocción por las deformaciones que se generados durante su ciclo de trabajo dentro del horno



Figura 2. Carro porta pellas equipados con las laines y dispuesto a entrar al horno para ser cargado y dar inicio al ciclo de cocción.

Las frecuentes intervenciones en el sistema de transporte de mineral de hierro en los hornos de cocción son producidas en un 70% por causa de las fallas de estos carros de transporte de pellas según datos estadísticos de los últimos 12 meses hasta la fecha. Con una tasa de fallas de 0.0658 veces/año, es decir con 24 fallas en 12 meses, representando un costo de mantenimiento al año de 900.000\$. Además del costo de penalización a consecuencia de las demoras por las paradas no programadas del sistema productivo.

Dado que el 70% de las intervenciones hechas al mencionado sistema de recepción de mineral se debe a fallas en los carros de arado, será objeto de estudio estos equipos del sistema de recepción de mineral de hierro. Mediante la aplicación de un análisis termo mecánico a través de elementos finitos, que permitirá diagnosticar las causas que dan origen a las deformación termo mecánica producida en los carros durante el proceso de cocción de las pellas.

La situación anterior descrita conllevará a desarrollar un trabajo de investigación que permita dar respuesta al siguiente planteamiento: Las demoras en el sistema de recepción de mineral son causadas principalmente por fallas en los carros de arado, ocurriendo las paradas imprevistas y en

consecuencia la indisponibilidad, determinar la carga critica y la temperatura optima, que permite extender la vida útil de los carros de arado sin alterar los parámetros operativos del proceso productivo de la planta.

Mediante la aplicación de un análisis termo mecánico se permitirá conocer el comportamiento de los carros de arado en el proceso productivo de cocción de las pellas, cuando se le varían las propiedades mecánicas a la estructura del carro bajo las mismas condiciones de carga y temperatura del proceso productivo.

Estos resultados permitirán mejorar progresivamente la eficiencia operativa de estos carros de arado del sistema de recepción de mineral así como la eficiencia, aumentar la disponibilidad operativa, reducir gastos en mantenimientos correctivos y pérdidas millonarias estimadas en 900.000\$ al año por paradas del equipo, lo cual es un tema relevante para la empresa.

El modelo físico: está constituido por la estructura del cuerpo central que se muestra en la figura 3, este modelo está basado en las dimensiones reales de la pieza y se le han adjudicados todas las propiedades físicas y mecánica del material en con la finalidad de obtener resultados confiables adaptados a los condiciones operativas del carro porta pella

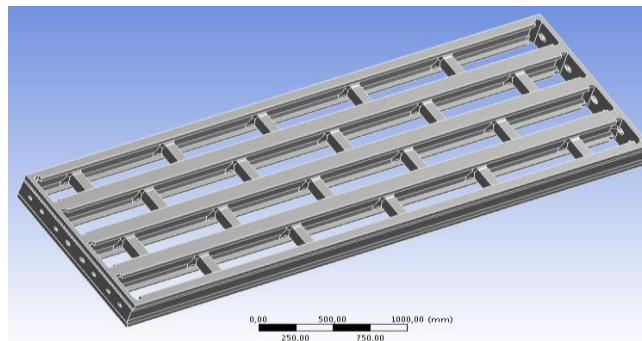


Figura 3. Modelo tridimensional de la estructura del carro porta pellas

La discretización del solido: Para efecto de la simulación es necesario realizar la división de del modelo tridimensional que se muestra en la figura 4 a través de elementos infinitesimal de geometría triangular el cual esta constituidos por tres nodos ubicados en los vértices de triangulo que define el elemento infinitesimal, para efecto del solido a objeto de estudio se obtuvieron 29073 elementos para un total de 55500 nodos

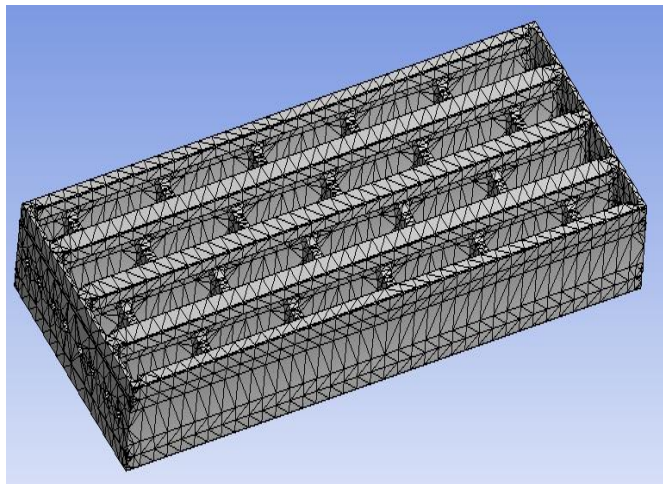


Figura 4: Mallado del modelo tridimensional de la estructura del carro porta pellas para la aplicación del método por diferencia finita.

El modelo matemático: El comportamiento del cuerpo central del carro porta pella estará regido por un conjunto de ecuaciones diferenciales de poisson, la cual permitirá conocer el comportamiento del solido a nivel estructural tras la deformaciones producidas, debido al efecto de las carga externa aplicada al sistema discretizados.

$$\frac{\partial^2 \varphi(x,y,z,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi(x,y,z,t)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi(x,y,z,t)}{\partial z^2} = - \frac{\rho(x,y,z,t)}{\varepsilon_0} \quad (1)$$

Siendo: $\varphi(x,y,z,t)$ la funciones que define la deflexión del sistema, $\rho(x,y,z,t)$ es la función que estudia la variación de la densidad del material en cada uno de los nodos de forma transitoria y ε_0 es una constante denominada relación de poisson que relacionas las deformaciones transversales con la axiales.

Las restricciones del modelo matemático:

- ✓ Se considera que el material de la estructura del carro porta pellas poseen un comportamiento isotrópico en toda su geometría.
- ✓ Se supones una distribución uniforme de las cargas externas aplicar en la estructura durante el proceso de carga y traslado de la pellas dentro del horno.
- ✓ Se ha considerado que la estructura del carro no reacciona químicamente durante el proceso de cocción de las pellas.
- ✓ Se ha despreciado el efecto térmico que percibe el carro durante su traslado dentro del horno.

Las Condiciones de bordes: Para efecto de la simulación, se considera que el carro porta pellas se comporta como una viga empotrada en sus extremos que se muestran en la figura 5 y 6, debido a los soportes laterales que lleva al momento de su incorporación en la cadena de transporte dentro del horno, en este sentido las condiciones que restringen el comportamiento del empotramiento durante la simulación se muestra a continuación:

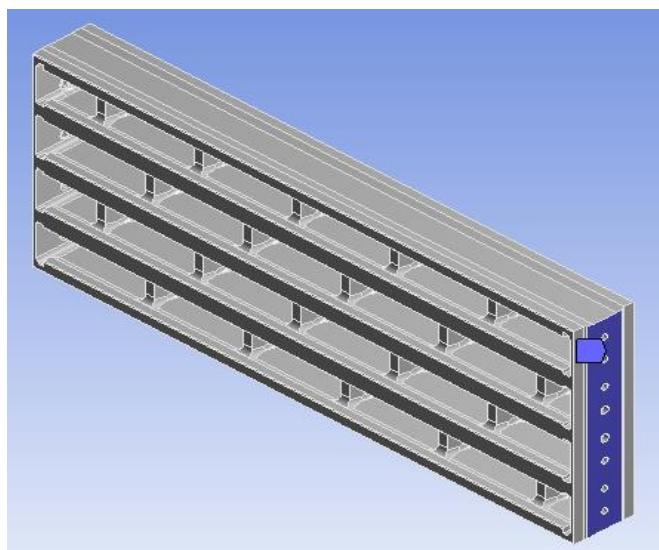


Figura 5: Muestra la región en donde se aplico la condición de borde del empotramiento en el extremo lateral derecho, durante sus condiciones operativas del estructura dentro del horno.

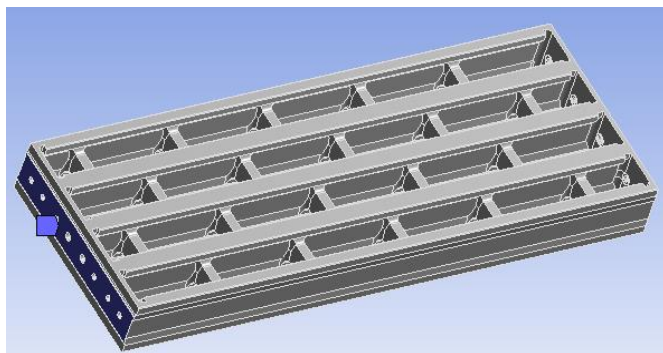


Figura 6: Muestra el extremo lateral derecho de la que se considera empotrado debido a los elementos de anclajes para su incorporación en la cadena de transporte.

Aplicación de las cargas externas: La estructura del cuerpo central del carro porta pellas, durante su recorrido dentro del horno experimenta gradientes presiones positivas, como parte del proceso productivo de la siderúrgica, más sin embargo habría que tomar en consideración el efecto de la carga de pellas que transporta dentro del horno para su cocción. y el peso propio de la estructura que contribuye a la generación de deformación estructurales ante esta variables tomadas en consideración se genero un presión neta de 0,10657 Mpa que se aplico en la región de rojo indicada en la figura 7, la fecha indica la dirección de la presión que actúa normal es la región ante mencionada.

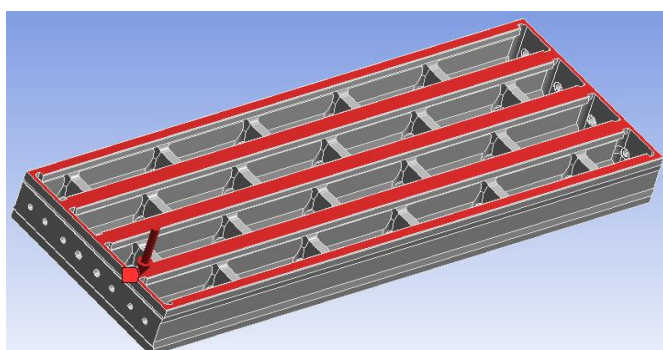


Figura 7: Muestra la cara superior del carro porta que soporta las presiones generadas de por efecto de la cargas externas aplicadas

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Esfuerzos principales: Estos son generados debido al momento flexionante que actúa sobre la

estructura del carro, debido a efecto de la presión distribuida, en este sentido se puede observa que la estructura soporta satisfactoriamente las cargas aplicadas sobre ella generando un esfuerzos de 8,6903 Mpa predominante en casi toda la estructura y representada con el color azul indicado en la figura 8.

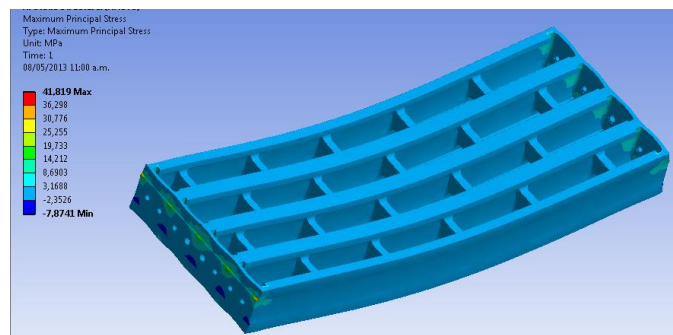


Figura 8: Distribución de los esfuerzos normales que actúan sobre la estructura del cuerpo central

Deformación total: Es el efecto que genera las presiones que actúan directamente de forma normal sobre la superficie del carro porta pellas, siendo la zona critica donde se genera una deformación mayor por el orden de 0,1141mts señalado por la zona de color rojo en la figura 9. El modelo ratifica las condiciones de bordes donde se considero que los extremos del carro estaban empotrados, en donde la deflexión en los empotramientos alcanza un valor de cero tal como se muestra en la barra de color azul.

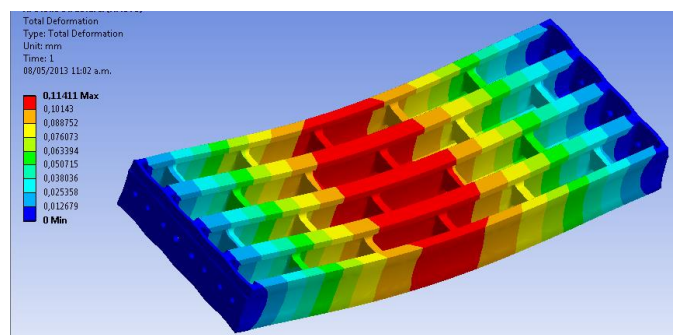


Figura 9: Se muestra la zona crítica de la estructura del carro porta pellas donde se genera la mayor deflexión.

Factor de Seguridad: Los resultados obtenidos con producto de la simulación del carro porta pella en relación al factor de seguridad se puede notar

que la estructura de soporta satisfactoriamente las cargas externas aplicado, considerando que los esfuerzos generados no superan el esfuerzo de fluencia de material de la estructura, en este sentido se observa a nivel grafico en la figura 10 que el factor de seguridad que predomina en la estructura alcanza un valor de 15, el cual es un resultado excelente para las condiciones operativa a nivel estático estructural.

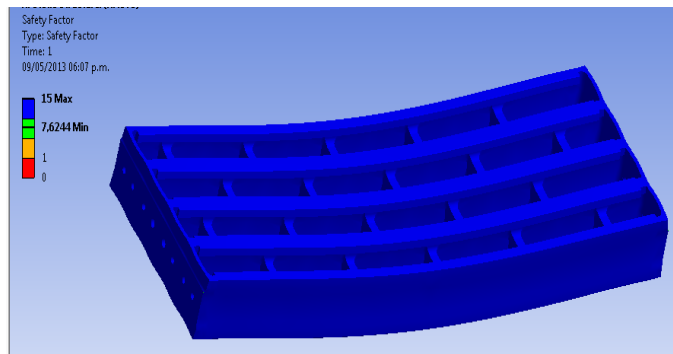


Figura 10: Se muestra la zona crítica de la estructura del carro porta pellas donde se genera la mayor deflexión.

CONCLUSIONES:

- ✓ Los resultados obtenidos en la simulación de muestra claramente que la estructura del carro porta pellas soporta eficiente mente las cargas externas aplicado durante proceso de cocción de las pellas de acuerdo con el factor de seguridad calculado.
- ✓ Se comprobó de manera experimental que las condiciones de bordes impuesta al modelo matemático se cumplieron de manera satisfactoria tal como lo reflejo la figura 9.
- ✓ Se logro determinar la máxima deflexión del carro porta pella en condiciones operativas bajo el modelo matemático planteado, considerando la máxima cargas aplicada sobre la estructura.

- ✓ Se lo logro determinar y cuantificar los esfuerzos normales que actúan sobre la estructura, tomando en consideración el máximo nivel de carga de pellas actuante sobre la estructura del cuerpo central.

RECOMENDACIONES:

- ✓ Se considera pertinente desarrollar un modelo matemático que permita realizar un análisis termo estructural de carro porta pellas con la finalidad de determinar el efecto térmico y su influencia en el cálculo de los esfuerzos.
- ✓ Se recomienda correr las simulaciones realizadas en esta investigación, tomando en cuenta posible tratamientos térmicos que permitan mejorar las propiedades mecánicas del material y extender su vida útil durante sus recorridos dentro del horno de cocción.

REFERENCIAS:

- [1] Díaz M, Frank R. 2010: "Diseño del ciclo de tratamiento térmico: normalizado-revenido para acero de medio carbono ASTM A217 WC6, del carro porta barros de Tameca."
- [2] Pilco, Jhonphir 2010: "Análisis de criticidad de los carros de arado del sistema de recepción de mineral de hierro de planta de pellas Sidor c.a. "Alfredo Maneiro".
- [3] NORMA ASTM Designation: A217/A217M – 10 "Standard Specification for Steel Castings, Martensitic Stainless and Alloy, for Pressure-Containing Parts, Suitable for High-Temperature Service1"
- [4] Revista Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, ISSN: 0045-7825, Publicación: 2010 "Numerical analysis of a strain-adaptive bone remodelling problema"