

## PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA CEMENTOS CIENFUEGOS S.A.

### PLANNING OF PRODUCTION CAPACITY IN CEMENTS CIENFUEGOS S.A.

**Frank Ernesto Becerra Castro**

<https://orcid.org/0000-0002-1085-2034>  
Universidad de Cienfuegos, Cuba  
febecerra@ucf.edu.cu

**Jorge Luis Bonachea Rodríguez**

<https://orcid.org/0000-0001-7780-550X>  
Empresa Cementos Cienfuegos SA, Cuba  
jorge.bonachea@cementoscfg.cu

**Francisco Ángel Becerra Lois**

<https://orcid.org/0000-0001-5259-5251>  
Universidad de Otavalo, Ecuador  
fbecerra@uotavalo.edu.ec

---

#### Resumen

El objetivo del artículo es proponer un procedimiento para la planificación de la capacidad de producción de la empresa Cementos Cienfuegos S.A., que contribuya a fundamentar su plan de producción y ventas. Para ello se utilizaron técnicas de pronosticación, planificación de la capacidad productiva potencial y disponible y el método de escenarios. El resultado final fue la obtención de pronósticos mensuales de producción de clinker y cemento en base al cálculo de la capacidad productiva disponible de la fábrica, la proyección de los niveles de ventas mensuales para el periodo mayo 2019 a diciembre 2020 y la definición de escenarios para el año 2030.

**Palabras clave:** economía de empresas (M21), administración de empresas (M1), gestión de la producción (M11).

#### Abstract

*The objective of the article is to propose a procedure for planning the production capacity of the company Cements Cienfuegos S.A., which helps to base its production and sales plan. For*



Artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

*this, forecasting techniques, planning of the potential and available productive capacities and the scenario method were used. The final result was the obtaining of monthly forecasting of clinker and cement production based on the calculation of the factory's available production capacity, the projection of monthly sales levels for the period May 2019 to December 2020 and the definition of scenarios were defined for the year 2030.*

**Keywords:** *economy of enterprise (M21), management of enterprise (M1), production management (M11).*

## INTRODUCCIÓN

Conocer la capacidad de producción es esencial para planificar los niveles de producción y ventas de una empresa debido a que le permite controlar con objetividad la oferta de sus productos y servicios a la hora de la comercialización. El comportamiento del mercado y la alta competitividad exigen una gestión eficaz, donde la planificación debe jugar un rol fundamental (Cabrera et al., 2019). La capacidad de producción de una empresa es factor determinante de su organización operacional, para ordenar la cartera de productos, según sus estándares, en términos de forma externa, estructura interna, funcionalidad, calidad, cantidad y oportunidad exigida por los clientes (Cajigas et al., 2019).

La planeación de la capacidad permite realizar las mediciones necesarias para comparar el sistema de producción con las necesidades futuras, utiliza técnicas de proyección de la demanda, y requiere de la planeación y control a largo plazo. Es por ello que la planeación técnica de la capacidad de producción es un aspecto estratégico para asegurar la sostenibilidad de una empresa, y a su vez le permite afrontar el mercado en el corto, mediano y largo plazos, considerar la planificación de las inversiones y evitar el sobredimensionamiento que implican los altos costos (Londoño, 2014). Al respecto Betancourt (2016) ratifica que un sistema productivo debe ser planeado a largo, mediano y corto plazos y enfatiza en los plazos de las temporalidades, los cuales fueron asumidos en esta investigación.

Satisfacer la demanda de los consumidores para así generar utilidades es la razón de ser de la gran mayoría de las empresas, debido a que de la venta de productos o la prestación de servicios provienen la mayor parte de sus ingresos. Es por esto que para saber cuán capaz es una empresa de satisfacer la demanda de sus consumidores, es necesario conocer cuánto es capaz de producir y a partir de ahí, cuánto dispone para vender. En la actualidad la gran mayoría de las empresas hacen profundos estudios para conocer cuál es su capacidad de producción disponible y potencial. Estos estudios, también permiten conocer y en gran medida resolver incógnitas tales como:

- A qué porcentaje de la capacidad está operando la empresa.
- El punto de unidades producidas a partir del cual la empresa genera beneficios.

- Si existe necesidad de ampliar las capacidades.
- Si existe la necesidad de invertir en nuevas tecnologías.
- Si están correctamente organizados y labora de manera eficiente la mano de obra, así como los medios de trabajo.
- Si existe la necesidad de crear nuevos empleos.
- Determinar el punto del proceso que limita la producción de la empresa.
- Si será buena idea incorporar nuevos productos.
- La identificación de la actividad más importante del proceso.
- Si se deberá centralizar la producción en una planta grande o será conveniente producir en varias plantas.

Tener respuesta para los planteamientos anteriores es de gran utilidad a la dirección de la empresa para tomar decisiones estratégicas y operativas, con vistas a fortalecer su posición en el mercado, siempre velando los daños medio ambientales que el proceso de producción pueda causar (Cruz-Cruz *et al.*, 2020). En el caso de la producción de cemento, es necesario considerar que el proceso productivo es muy dañino para el medio ambiente, estimándose que entre el cinco y el ocho por ciento de la emisión de CO<sub>2</sub> es causada por la producción de clinker, debido principalmente a los altos consumos de energía eléctrica inherentes al proceso de producción de cemento y a la reacción de descarbonatación (Prieto, 2016).

Para determinar la capacidad productiva de la empresa cementera objeto de estudio de esta investigación, fue necesario recurrir a una investigación bibliográfica para sustentar la utilización de un compendio de métodos, técnicas y herramientas utilizados por varios autores que han estudiado el tema y adaptarlas a las condiciones de la fábrica y a la disponibilidad de la información existente.

El procedimiento desarrollado en la investigación consta de cuatro etapas principales divididas en un total de diecisiete pasos, donde se combinan el uso de la pronosticación, la planificación de las capacidades y la prospectiva estratégica. Se utilizaron los softwares POM for Windows para la determinación de los pronósticos cuantitativos y Smic-Prob-Expert para la construcción de escenarios por el método SMIC (Sistema de Matrices de Impactos Cruzados). El enfoque utilizado fue de carácter cuanti-cualitativo con el objetivo de planificar la capacidad de producción de la empresa Cementos Cienfuegos, S.A para fundamentar su plan de producción y ventas en el corto, mediano y largo plazos.

## 1. Fundamentos teóricos para el estudio de las capacidades de producción

A continuación, se presentan las bases teóricas seleccionadas para sustentar el eje central de la investigación: capacidad de producción, pronosticación y planeación prospectiva. Estos tres temas están estrechamente relacionados

entre sí, debido a que las decisiones de capacidad están determinadas por la demanda del producto en toda empresa manufacturera y es por ello que, para tener una idea de la producción y las ventas que la empresa debe generar en el corto, mediano y largo plazos, deben emplearse técnicas de pronóstico y prospectiva, de carácter cuantitativo y cualitativo. A partir de este análisis, las decisiones de capacidad se podrán fundamentar con mayor rigor, para optar por el tipo de estrategia a seguir para que la demanda se ajuste a las necesidades derivadas de la planificación productiva.

### **0.1. Pronóstico. Concepto e importancia**

Para Render y Heizer (1996), pronosticar es:

*El arte y la ciencia de predecir eventos futuros. Puede involucrar el manejo de datos históricos para proyectarlos al futuro, mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una proyección del futuro subjetiva o intuitiva. O bien una combinación de ambas, es decir, un modelo matemático ajustado por el buen juicio de un administrador (p. 46).*

Según afirma Calla Coaquira (2019), los pronósticos deben ser clasificados en el horizonte de tiempo que describen. Existen tres categorías, las cuales son muy útiles para los administradores en dependencia del propósito del pronóstico. Son ellas:

- Pronóstico a corto plazo: Tiene un lapso de hasta un año, pero generalmente se confecciona para un periodo igual o menor a los tres meses. Es utilizado para planear las compras, programar la planta, los niveles de fuerza laboral, las asignaciones de trabajo y los niveles de producción.
- Pronóstico a mediano plazo: Generalmente oscila en un lapso de tres meses a 3 años. Es utilizado en la planeación de producción y presupuestos, planeación de ventas, presupuesto de efectivo, y el análisis de varios planes de operación.
- Pronóstico a largo plazo: Generalmente con lapsos mayores a los tres años. Son utilizados para planear nuevos productos, desembolsos de capital, localización de instalaciones o su expansión y la investigación y desarrollo.

Los pronósticos a mediano y largo plazos sirven de apoyo para la administración para tomar decisiones estratégicas con respecto a la planeación, los productos, plantas y procesos. Los pronósticos a corto plazo generalmente utilizan técnicas como promedios móviles, suavización exponencial y extrapolación de tendencia y tienden a ser más exactos que los pronósticos a largo plazo. En cualquier caso, el investigador podría lograr mejores resultados si en alguna medida logra reducir la incertidumbre sobre los sucesos situados en el futuro.

## **0.2. Capacidad productiva. Concepto e importancia**

El concepto de capacidad es definido de manera acertada por Pozo *et al.* (2010) cuando afirma:

*Se entiende por capacidad productiva el máximo volumen de producción posible de determinada nomenclatura y surtido o de procesamiento de materias primas en la unidad de tiempo, generalmente un año, con la utilización más racional de los medios y áreas de trabajo disponible y empleando adecuados métodos de organización del trabajo y la producción, que garanticen la calidad de los productos fabricados (p. 38).*

La determinación de la capacidad de producción es de vital importancia y es una necesidad para toda empresa porque permite conocer en qué medida es capaz de satisfacer la demanda de los productos y servicios por parte de los clientes. Una capacidad de producción insuficiente provoca que se afecten las entregas y se acumule inventario de productos en proceso y que el exceso de capacidad ocasione gastos innecesarios.

La planificación de la capacidad es fundamental para garantizar una utilización óptima de todos los recursos a utilizar en el proceso productivo, incluyendo las materias primas y materiales y los diversos tipos de mantenimiento, especialmente los preventivos, así como otras actividades que favorezcan el rendimiento de los grupos homogéneos de equipos instalados (Cossío *et al.*, 2017). En la planificación de las capacidades es necesario considerar dos conceptos muy relacionados pero diferentes: la Capacidad Productiva Potencial (CPP) y la Capacidad Productiva Disponible (CPD).

La CPP es el máximo volumen de producción que se puede obtener en la empresa, a partir de utilizar plenamente el Fondo de Tiempo Productivo Potencial (FTPP). Es el resultado de multiplicar el FTPP por la producción horaria en el punto fundamental (F) del proceso, el cual se define como el equipo o grupo homogéneo de equipos en que se realiza la operación más compleja del proceso productivo. Es donde, de efectuarse una inversión, esta resultaría ser la más costosa.

La CPD es el máximo volumen de producción que se puede obtener, en la empresa, a partir de utilizar plenamente el Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD). Es el resultado de multiplicar el FTPD por la producción horaria en el punto limitante (L) del proceso, el cual se define como el equipo o grupo homogéneo de equipos que generan el menor volumen de producción. Es la parte del proceso productivo donde se estrangula la producción o se genera el denominado “cuello de botella” (López *et al.*, 2018).

## **0.3. Prospectiva estratégica. Conceptos e importancia**

La prospectiva se preocupa por brindar alternativas para un futuro más conveniente, deseado, probable y posible considerando los aspectos cuantita-

tivos del pasado y presente, pero sobre todo aquellos de naturaleza cualitativa. Medina y Ortegón (2006), la definen como:

*Una disciplina para el análisis de sistemas sociales, que permite conocer mejor la situación presente, identificar tendencias futuras y analizar el impacto del desarrollo científico y tecnológico en la sociedad. Con ello se facilita el encuentro entre la oferta científica y tecnológica con las necesidades presentes y futuras de los mercados y de la sociedad (p. 85).*

Se debe distinguir la pronosticación de la prospectiva estratégica. Así lo reconoce Tapia (2016) cuando afirma:

*Históricamente, el forecasting es anterior a la prospectiva. Difieren en su conceptualización y en su finalidad. Para el primero, la realidad es lineal, mientras que para la prospectiva la realidad puede ser leída como un sistema de alta complejidad, donde los elementos del todo guardan relaciones de interdependencia y solidaridad. La prospectiva ayuda a construir futuros, en un mundo donde el futuro es cada vez más complejo, por la gran cantidad de factores que intervienen en él (p. 246).*

Lo que destaca de la prospectiva para Sangabriel *et al.* (2015) es que se centra en los futuros deseados y cómo llegar a estos, tomando en cuenta, desde el planteamiento, aspectos económicos y sociales y la forma en que deberán tomarse las decisiones individuales por parte de los involucrados en el proceso. Si bien no es posible controlar completamente el futuro, resulta posible influir sobre él para encontrar un equilibrio entre lo que se quiere y lo que es realmente posible alcanzar.

## 2. Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico utilizado se sustenta en un compendio de métodos y técnicas utilizados por varios autores en diferentes tipos de aplicaciones, relacionadas con los estudios de capacidad. En este caso fueron adecuadas a las condiciones de la fábrica y a la disponibilidad de información, para elaborar un procedimiento metodológico propio (Fig. 1) que consta de cuatro etapas y de diecisiete pasos, donde se combinan el uso de la pronosticación, el cálculo de las capacidades productivas y el empleo del método de escenarios, razón de ser de la prospectiva estratégica.

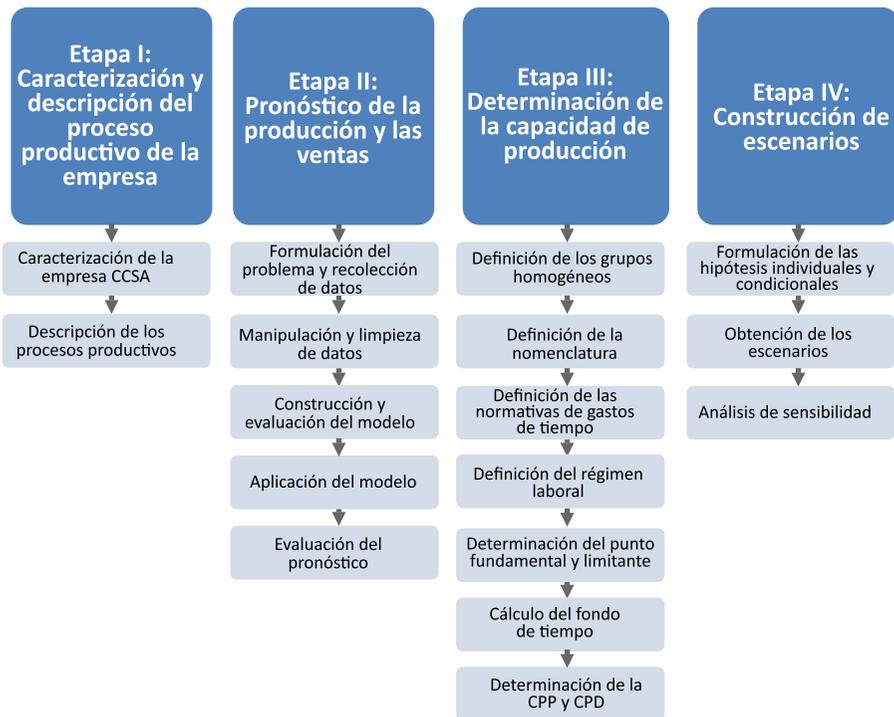
La *Etapas 1* consta de dos pasos, en el primero se realizó una caracterización general de la empresa objeto de estudio, Cementos Cienfuegos S.A, y en segundo se hizo una descripción general del proceso productivo, lo cual es esencial para el cálculo de las capacidades. En la actualidad la empresa es líder dentro del territorio nacional en la producción de cemento y juega un rol fundamental en el abastecimiento del producto a los mercados mayorista y minorista del territorio nacional y de la provincia Cienfuegos. La tecnología de producción de la fábrica es de vía seca y el proceso productivo transcurre se-

cuencialmente por cinco áreas operacionales del modo siguiente: preparación de la materia prima, dosificación y molienda de crudo, piro proceso, preparación del combustible y la producción de cemento.

En la *Etapa II*, se definieron cinco pasos para la elaboración del pronóstico de la producción las ventas, los que incluyeron la formulación y recolección de los datos, su manipulación y limpieza, la construcción y evaluación de los modelos utilizados, su aplicación y la evaluación del pronóstico. Un aspecto determinante en esta fase es la elección y fundamentación de los pronósticos.

A fin de seleccionar una técnica adecuada de pronóstico, el pronosticador debe ser capaz de:

- Definir la naturaleza del problema del pronóstico.
- Explicar la naturaleza de los datos que se investigan.
- Describir las capacidades y limitaciones de técnicas de pronósticos potencialmente útiles.
- Desarrollar algunos criterios predeterminados sobre los que se pueda tomar la decisión de selección.



Fuente: Elaboración propia.

**Fig. 1.** Procedimiento para la determinación de la capacidad de producción en la empresa Cementos Cienfuegos S.A.

Un factor importante que ejerce influencia en la selección de una técnica es saber identificar y entender los patrones históricos de los datos. Si se pueden reconocer patrones de tendencias, cíclicos o estacionales, pueden seleccionarse técnicas capaces de extrapolar de manera eficaz (Hankey Wichern, 2006).

En la *Etapa III* se utilizó la metodología expuesta por Acevedo et al. (1996), citada, analizada y enriquecida por Pozo et al. (2020), la que constituyó la base para el cálculo de la capacidad de producción. Esta metodología se adecuó a las características del proceso productivo de la empresa Cementos Cienfuegos S.A. Para la determinación de la capacidad de producción potencial y disponible, en primer lugar, se definieron los grupos homogéneos de equipos, la nomenclatura de productos, la normativa de gastos de tiempo por grupos homogéneos de equipos, el régimen laboral y se identificaron el punto fundamental y el punto limitante del proceso. Posteriormente, se determinaron los fondos de tiempo: productivo total, por requerimientos tecnológicos (mantenimientos, ajustes técnicos, limpieza del equipamiento y otras actividades que requieren detener o paralizar el flujo de producción), productivo potencial, por régimen laboral, por otras causas (roturas imprevistas, falta de fluido eléctrico, falta de materias primas, y otras) y el fondo de tiempo productivo disponible (Escobar, 2018).

El procedimiento utilizado para el cálculo de la CPP y CPD se aplicó bajo ciertos supuestos, que permiten la aplicación del método tradicional. Son ellos:

- Determinar con precisión el punto fundamental y el limitante del proceso y sus producciones horarias.
- Contar con una limitada nomenclatura o poca variedad de fabricación de artículos.
- Operar con una secuencia única de desplazamiento de los productos durante el proceso de operaciones.
- Disponer de estadísticas confiables relativas a las paradas y roturas imprevistas de los equipos.

Finalmente, la *Etapa IV* del procedimiento se estructuró en tres pasos: la formulación de las hipótesis individuales y condicionales (paso 1) para la obtención de los escenarios (paso 2) y el análisis de sensibilidad (paso 3).

Los métodos utilizados en la planificación prospectiva son cualitativos y cuantitativos en dependencia de la preferencia de los planificadores; pero en cantidad de métodos se puede afirmar que los hay más del tipo cualitativo que cuantitativo. Todos los métodos coinciden en elementos comunes como la necesaria documentación, el análisis de la información, el diseño de los escenarios y la definición de estrategias para el logro de los propósitos (Godet y Durance, 2007)

En la práctica, no existe solo un método de los escenarios, sino una multitud de maneras de construir escenarios. Entre los métodos de impactos cru-

zados se encuentra el método SMIC, (Sistema de Matrices de Impactos Cruzados), cuya aplicación es sencilla, poco costosa, y en el corto plazo permite obtener resultados coherentes. El método consiste en interrogar a un grupo de expertos en la forma más racional y objetiva posible. A los expertos se les pide que evalúen la probabilidad de que ocurra una hipótesis de acuerdo a una escala de probabilidades. Además, que evalúen en forma de probabilidades condicionales la realización de una hipótesis en función de todas las demás. El método exige un trabajo de información y reflexión muy importante con el fin de seleccionar las hipótesis esenciales.

## RESULTADOS

Los resultados serán expuestos en el mismo orden lógico del procedimiento descrito con anterioridad en las etapas II, III y IV.

### 3.1. Pronóstico de la producción y las ventas

En la Tabla 1 se muestran de forma resumida los resultados de la aplicación de los modelos que resultaron más idóneos para pronosticar la producción de clinker, la producción de cemento y las ventas para el periodo mayo 2019 a diciembre 2020. Las series históricas utilizadas abarcaron los datos reales mensuales de enero de 2010 hasta abril de 2019.

**Tabla 1.** Resumen de los pronósticos de producción de clinker, de cemento y de las ventas

Modelo seleccionado/ Parámetros del modelo		Promedios Móviles	Suavización Exponencial con Tendencia	Proyección de Tendencia
MAD (Desviación media absoluta)		12 220	16 592	6 359
MAPE (Porcentaje de error medio absoluto)		25%	42%	14%
Resultados del pronóstico por meses y años en toneladas				
Meses	Años	Clinker Producido (t)	Cemento producido (t)	Ventas (t)
Mayo	2019	61 395,5	65 328,06	50 902,71
Junio	2019	62 76,63	65 401,95	50 938,66
Julio	2019	58 134,24	65 475,84	50 974,61
Agosto	2019	57 752,85	65 549,73	51 010,55
Septiembre	2019	60 064,82	65 623,62	51 046,5
Octubre	2019	59 732,14	65 697,51	51 082,45
Noviembre	2019	58 921,02	65 771,4	48 033,38
Resultados del pronóstico por meses y años en toneladas				

Meses	Años	Clinker producido (t)	Cemento producido (t)	Ventas (t)
Enero	2020	59 458,92	65 919,18	47 949,82
Febrero	2020	59 307,45	65 993,07	47 908,04
Marzo	2020	59 201,27	66 066,96	47 866,26
Abril	2020	59 271,34	66 140,85	47 824,48
Mayo	2020	59 309,75	66 214,74	47 782,7
Junio	2020	59 272,45	66 288,63	47 740,92
Julio	2020	59 263,7	66 362,52	47 699,14
Agosto	2020	59 279,31	66 436,41	47 657,37
Septiembre	2020	59 274,19	66 510,29	47 615,59
Octubre	2020	59 272,41	66 584,17	47 573,81
Noviembre	2020	59 272,4	66 658,05	47 532,03
Diciembre	2020	59 274,58	66 731,92	47 490,25

Fuente: Elaboración propia. Salida del software AB: POM.

### 3.2. Determinación de la capacidad de producción

En la determinación de la capacidad de producción, al aplicar el método tradicional, se consideraron las cinco áreas fundamentales de la empresa: preparación de materia prima, dosificación y molienda de crudo, piro proceso, preparación de combustible y producción de cemento. Primeramente, se define:

- Fondo de Tiempo Productivo Total (FTPT) = 365 días \* 24 horas (h) = 8760 h/anuales (a)
- Fondo de Tiempo de Requerimientos Tecnológicos (FTRT): Para esto se destinaron en 2019 en el área de Clinkerización un total de 860 h/a y en el área de Producción de Cemento 2060 h/a
- Fondo de Tiempo Productivo Potencial (FTPP) = FTPT – FTRT
- Fondo de Tiempo de Régimen Laboral (FTRL): En el caso de la Empresa Cementos Cienfuegos, S.A. se trabaja las 24 horas del día de los 365 días del año en las áreas de Clinkerización y de Producción de Cemento, por lo que no se pierde tiempo por esta causa.
- Fondo de Tiempo de Otras Causas (FTOC): En el caso de la empresa Cementos Cienfuegos S.A., se planificaron para 2019 en el área de Clinkerización 240 h/a y en el área de Producción de Cemento 1213 h/a.
- Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD)= FTPP – FTRL – FTOC

Se definieron el punto fundamental (F) y el punto limitante (L) de cada área, los cuales coincidieron en la mayoría de los casos. Luego se aplicaron las siguientes fórmulas para la determinación de la Capacidad Productiva Potencial (CPP) y Disponible (CPD).

$$CPP= FTPP * F$$

$$CPD = FTPD * L$$

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las áreas de Clinkerización (Tabla 2) y producción de cemento (Tabla 3), las cuales son determinantes en los cálculos realizados.

**Tabla 2.** Capacidad de producción del área Clinkerización

Denominaciones	UM	Cantidades
FTPT	Horas (h)	8 760
FTRT	h	860
FTPP	h	7900
FTRL	h	7900
FTOC	h	240
FTPD	h	7660
Punto limitante y fundamental	Toneladas (t)/h	F y L: Horno (125 t/h)
Capacidad Productiva Potencial	t/a	987 500
Capacidad Productiva Disponible	t/a	957 472

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.** Capacidad de producción del área Producción de Cemento

Denominaciones	UM	Cantidades
FTPT	h	8 760
FTRT	h	2 060
FTPP	h	6 700
FTRL	h	6 700
FTOC	h	1213
FTPD	h	5487
Punto limitante y fundamental	t/h	F y L: Molino (2 de 80 cada uno. Total = 160 t/h)
Capacidad Productiva Potencial	t/a	1072000
Capacidad Productiva Disponible	t/a	877 920

Fuente: Elaboración propia.

Bajo las condiciones anteriormente expuestas se obtuvo como resultado que la empresa Cementos Cienfuegos S.A., tiene una capacidad de producción potencial de 1 072 000 toneladas de cemento anuales y una capacidad disponible de 877 920 toneladas de cemento anuales. Si se compara la Capacidad de Producción Potencial con el cemento producido en los últimos años por la fábrica, resalta que existe una gran diferencia con los resultados reales de producción. En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de aprovechamiento de la capacidad con que ha operado la empresa en los últimos años, tomando como referencia el cálculo de la capacidad presentado anteriormente. Finalmente,

se observa que la fábrica puede mejorar su producción en el año 2019 y 2020 de cumplirse los pronósticos realizados en este trabajo.

**Tabla 4.** Aprovechamiento de la capacidad de producción

Año	Cemento producido (t/a)	Aprovechamiento (%)
2010	537 152	50,11
2011	538 703	50,25
2012	675 922	63,05
2013	748 400	69,81
2014	681 285	63,55
2015	593 084	55,33
2016	587 379	54,79
2017	571 308	53,29
2018	630 746	58,84
2019	778 702	72,64
2020	795 906	74,25

Fuente: Elaboración propia .

Según la opinión especializada, los principales factores que influyeron en el bajo aprovechamiento de las capacidades productivas de la empresa son el nivel de deterioro de la tecnología y la inadecuada planificación de los mantenimientos debido al envejecimiento del equipamiento.

### 3.3. Construcción de escenarios

Para construir los escenarios se utilizó el software Smic-Prob-Expert. Para la elaboración de la encuesta SMIC se hizo un estudio de los eventos que podrían afectar la capacidad de producción de la empresa en el periodo de 2019-2030. Se utilizaron seis eventos que según el criterio de los expertos podrían influir en la toma de decisiones de capacidad. Son ellos:

- E1) Inversión en el área de producción. Este evento significaría la modernización y recuperación de la capacidad del área de producción de la empresa, la cual no recibe una inversión desde la fundación de la fábrica. Para ello será necesario invertir en la modernización de procesos que actualmente se desarrollan de forma manual (ejemplo, ensacado) y recuperación del Molino 3.
- E2) Exportar 10 % del clinker producido. Este evento significaría una estabilización en el mercado internacional y una entrada de divisas convertibles para la empresa.
- E3) Aumento de la producción real de cemento a 1,4 millones de toneladas anuales. Este evento caracteriza el crecimiento de la producción de cemento.
- E4) Incremento de las ventas promedio anual de cemento entre un 4-5 % hasta

el año 2030. Este evento supone un aumento en la producción y permitiría garantizar una parte significativa de la demanda insatisfecha en el mercado interno y externo.

E5) El crecimiento promedio del PIB en un 3-4% anual hasta el año 2030. La realización de este evento es favorable a la producción de cemento porque representaría un aumento en los volúmenes de producción y de inversiones lo que generaría el crecimiento de las infraestructuras y se traduciría en un aumento de la demanda de cemento.

E6) Inversión en la línea de producción número 1. Este evento implica la re-activación de la línea 1, la cual tiene una capacidad de 500 000 toneladas anuales.

En la Tabla 5 se encuentran resumidos y abreviados los datos brutos de las probabilidades asignadas por los expertos a cada uno de los eventos considerados.

**Tabla 5.** Probabilidad de aparición de los eventos tomados aisladamente

Evento	Abreviatura	Probabilidad
Inversión en el área de producción	INVP	0,4
Exportar 10% del Clinker producido	EXPC	0,7
Aumento de la producción de cemento a 1,4 millones de toneladas anuales	AUC	0,6
Incremento de las ventas en 50%	INCV	0,4
Crecimiento del PIB en un 3%	CPIB	0,6
Inversión en la línea de producción número uno	INL1	0,7

*Fuente:* Elaboración propia considerando criterio de expertos del área de producción de la empresa.

La tabla 6 muestra la probabilidad de realización del evento *i* si se realiza el evento *j*,  $P(i/j)$ .

**Tabla 6.** Probabilidad condicional de realización

Hipótesis	1 - INVP	2 - EXPC	3 - AUC	4 - INCV	5 - CPIB	6 - INL1
1 - INVP	0	0,5	0,7	0,8	0,6	0,4
2 - EXPC	0,8	0	0,5	0,9	0,7	0,9
3 - AUC	0,7	0,4	0	0,7	0,7	0,8
4 - INCV	0,8	0,6	0,4	0	0,4	0,1
5 - CPIB	0,7	0,6	0,6	0,8	0	0,6
6 - INL1	0,5	0,8	0,5	0,7	0,9	0

*Fuente:* Elaboración propia., Salida del software Smic-ProbExpert

La tabla 7 muestra la probabilidad de realización del evento *i* si no se realiza

el evento  $j$ ,  $P(i/j)$ :

**Tabla 7.** Probabilidad condicional de no realización

Hipótesis	1 - INVP	2 - EXPC	3 - AUC	4 - INCV	5 - CPIB	6 - INL1
1 - INVP	0	0,3	0,4	0,1	0,1	0,5
2 - EXPC	0,3	0	0,7	0,6	0,7	0,6
3 - AUC	0,6	0,7	0	0,6	0,6	0,4
4 - INCV	0,1	0,3	0,4	0	0,1	0,7
5 - CPIB	0,6	0,6	0,6	0,6	0	0,6
6 - INL1	0,8	0,5	0,7	0,7	0,7	0

Fuente: Elaboración propia., Salida del software Smic-ProbExpert

Esta información es todavía incoherente, por lo que, para obtener resultados corregidos (Tabla 8), se calcularon las probabilidades de los estados y con la ayuda del software se obtuvieron los resultados siguientes:

**Tabla 8.** Resultados de probabilidades corregidos

Hipótesis	Resultados
1 - INVP	0,414
2 - EXPC	0,669
3 - AUC	0,601
4 - INCV	0,4
5 - CPIB	0,643
6 - INL1	0,704

Fuente: Elaboración propia. Salida del software Smic-ProbExpert

Las probabilidades simples prácticamente no se modifican. En la tabla 9 se muestran los datos procesados de las probabilidades condicionales:

**Tabla 9.** Datos procesados de las probabilidades condicionales de realización

Hipótesis	1 - INVP	2 - EXPC	3 - AUC	4 - INCV	5 - CPIB	6 - INL1
1 - INVP	0	0,55	0,497	0,833	0,504	0,347
2 - EXPC	0,889	0	0,566	0,849	0,658	0,775
3 - AUC	0,721	0,509	0	0,625	0,601	0,626
4 - INCV	0,805	0,507	0,416	0	0,468	0,307
5 - CPIB	0,783	0,633	0,643	0,752	0	0,656
6 - INL1	0,59	0,815	0,734	0,54	0,718	0

Fuente: Elaboración propia. Salida del software Smic-ProbExpert

Como se puede observar algunas probabilidades sufren modificaciones no

despreciables. Las variaciones con respecto a las probabilidades condicionales representan que el experto había sobreestimado la probabilidad o que en realidad la probabilidad es mucho más baja de lo que había estimado el experto. En la tabla 10 se presentan las probabilidades condicionales de no realización:

**Tabla 10.** Datos procesados de las probabilidades condicionales de no realización

Hipótesis	1 - INV	2 - EXPC	3 - AUC	4 - INCV	5 - CPIB	6 - INL1
1 - INV	0	0,139	0,29	0,135	0,252	0,573
2 - EXPC	0,514	0	0,823	0,549	0,688	0,417
3 - AUC	0,516	0,787	0	0,585	0,602	0,54
4 - INCV	0,114	0,183	0,376	0	0,278	0,621
5 - CPIB	0,544	0,664	0,644	0,571	0	0,613
6 - INL1	0,784	0,478	0,659	0,813	0,679	0

Fuente: Elaboración propia. Salida del software Smic-ProbExpert.

Las probabilidades por escenarios están dadas por lo eventos. Así, para 6 eventos hay  $2^{626}$  estados posibles. A cada estado  $E_k F_k$  se asocia una probabilidad  $\Pi_k \Pi_k$  siendo  $\sum \Pi_k \sum \Pi_k = 1$  puesto que es cierto que uno de estos estados se va a producir. La tabla 11 presenta el listado de los 10 escenarios más probables, los que constituyen el campo de los escenarios realizables:

**Tabla 11.** Escenarios más probables

E-53	001011	0,113
E-01	111111	0,097
E-45	010011	0,093
E-47	010001	0,079
E-10	110110	0,058
E-39	011001	0,057
E-05	111011	0,056
E-18	101110	0,046
E-64	000000	0,045
E-55	001001	0,042
<b>Total</b>		<b>0,686</b>

Fuente: Elaboración propia. Salida del software Smic-ProbExpert.

Existe una probabilidad de 68,6% de que la situación en 2030 se corresponda a uno de estos escenarios. Los escenarios E-53, E-01, E-45, E-47 y E-64 tienen una gran probabilidad de realización hasta el año 2030 y resultaron de interés para el análisis. A continuación, se describen brevemente:

- **E-53 (001011)** No se realiza la inversión en el área de producción ni se lo-

gra alcanzar la exportación del 10% del clinker producido. Sin embargo, se incrementa la producción de cemento a su nivel potencial de 1.4 millones de toneladas. A pesar de ello no se logrará el aumento de las ventas de cemento a un ritmo del 4-5% anual hasta el 2030. El PIB de Cuba crece en una 3% estimulando la producción y las inversiones, y se realiza la inversión en la línea uno. Es el escenario más probable y se denominó “Cemento productivo”.

- **E-01 (111111)** Este escenario representaría el escenario ideal, el más optimista. Se realiza la inversión en el área de producción y se logra alcanzar la exportación del 10% del clinker producido. Se incrementa la producción de cemento a su nivel potencial de 1.4 millones de toneladas y se logrará el aumento de las ventas a un ritmo del 4-5% anual hasta el 2030. El PIB de Cuba crece en una 3% estimulando la producción y las inversiones, y se realiza la inversión en la línea uno. Es el escenario más optimista y se denominó “La ilusión del cemento”.
- **E-45 (010011)** No se realiza la inversión en el área de producción y se logra alcanzar la exportación del 10% del clinker producido. No se incrementa la producción de cemento a su nivel potencial de 1.4 millones de toneladas y no se logrará el aumento de las ventas a un ritmo del 4-5% anual hasta el 2030. El PIB de Cuba crece en una 3% estimulando la producción y las inversiones, y se realiza la inversión en la línea uno. Se denominó “Exportación de cemento”
- **E-47 (010001)** No se realiza la inversión en el área de producción y se logra alcanzar la exportación del 10% del clinker producido. No se incrementa la producción de cemento a su nivel potencial de 1.4 millones de toneladas y no se logrará el aumento de las ventas a un ritmo del 4-5% anual hasta el 2030. El PIB de Cuba no crece en una 3% desestimulando la producción y las inversiones, pero se realiza la inversión en la línea uno para incrementar la producción de clinker. Se denominó “Inversión en cemento”.
- **E-64 (000000)** En este escenario no se realiza ninguno de los eventos. Es un escenario a tener en cuenta por la probabilidad de ocurrencia. Por ser el escenario más pesimista, se denominó “La desilusión con el cemento”.

El conocimiento de los escenarios de evolución posibles del sistema estudiado es esencial para quien tiene que decidir sobre la estrategia que se va a emplear. Las acciones que deben llevarse a cabo están condicionadas por el estudio previo de los efectos directos e indirectos que cada decisión puede tener sobre sistema. Es conveniente lograr identificar las acciones que amenazan en volverse en contra de los autores dirigiéndose en el sentido deseado, pero con efectos secundarios contrarios al objetivo inicial.

La construcción de una matriz de elasticidad (Tabla 12) permite deducir

eventos motores y eventos dominados:

**Tabla 12.** Matriz de elasticidad

Hipótesis	1 - INVP	2 - EXPC	3 - AUC	4 - INCV	5 - CPIB	6 - INL1	Total
1 - INVP	1	-0,039	-0,063	0,111	-0,058	-0,131	0,401
2 - EXPC	0,109	1	-0,273	0,051	-0,176	-0,053	0,662
3 - AUC	-0,081	-0,28	1	-0,189	-0,218	-0,187	0,955
4 - INCV	0,1	-0,049	-0,098	1	-0,072	-0,145	0,465
5 - CPIB	-0,017	-0,213	-0,223	-0,07	1	-0,198	0,721
6 - INL1	-0,399	-0,042	-0,21	-0,478	-0,238	1	1,367
<b>Total</b>	<b>0,707</b>	<b>0,624</b>	<b>0,867</b>	<b>0,898</b>	<b>0,761</b>	<b>0,714</b>	

Fuente: Elaboración propia. Salida del software Smic-ProbExpert.

Los totales en las líneas indican la importancia de los eventos donde E3 y E6, considerados eventos motores para la evaluación de la capacidad de la Empresa Cementos Cienfuegos S.A. Cuando se analizan los eventos más dominados destacó la presencia de E4 y E3, que coincide como motor y dominado. Además, el análisis de sensibilidad permite explicar las interrelaciones entre las hipótesis, dadas por los valores numéricos reflejados en la coincidencia de filas y columnas. A continuación, se explican con un ejemplo, de un valor significativo:

En lo que concierne a la combinación E61 (fila 6, columna 1), indica que, dado un incremento de 1% de la probabilidad de inversión en la línea de producción número 1, disminuye en un 3,99% la probabilidad de que se invierta en el área de producción.

## CONCLUSIONES

El procedimiento metodológico propuesto fue estructurado de forma secuencial en cuatro etapas y diecisiete pasos y permitió realizar la planificación de la capacidad de producción de la empresa Cementos Cienfuegos y fundamentar su plan de producción y ventas en el corto, mediano y largo plazo.

- Los resultados de los pronósticos cuantitativos elaborados permitieron proyectar que la fábrica produzca en el año 2020 un total de 795 906,8 toneladas de cemento y al cierre de ese mismo año logre vender 572 640,41 toneladas de cemento.
- La determinación de la capacidad de producción permitió fundamentar que la CPP de la de la fábrica es de 1 072 000 toneladas de cemento anual y su CPD es de 877 920 t/a.
- El grado de aprovechamiento de la CPP en los últimos años ha sido muy

bajo y se propone incrementar para el año 2020 en un 74,25%. Factores como el deterioro tecnológico, la ineficiente planificación de los mantenimientos preventivos y la no consideración de las roturas imprevistas en el fondo de tiempo por otras causas, son las principales causas que le han impedido a la fábrica alcanzar un mayor nivel de aprovechamiento de su capacidad productiva disponible.

- La aplicación del método de escenario permitió identificar como evento motriz determinante, la necesidad de realizar la inversión en la línea de producción número uno para lograr aumentar la producción de cemento en 1.4 millones de toneladas en el año 2030. Este incremento de la capacidad y su nivel de aprovechamiento, constituye el escenario apuesta identificado por los expertos como el más probable para el largo plazo y debe constituir el soporte de la estrategia de expansión que se propone la empresa para el largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J.A., Urquiaga, A.J., Gómez, M.I., Hernández, M., y Ruiz, D. (1996). *Gestión de las Capacidades en los Sistemas Logísticos*. Editorial ISPJAE: La Habana.
- Betancourt, D. F. (2016). *Capacidad de producción: ¿Qué es y cómo se calcula?* Recuperado el 08 de noviembre de 2020, de Ingenio Empresa: <https://www.ingenioempresa.com/capacidad-produccion-empresa>. Fecha de consulta: 9/10/2019.
- Cabrera, H.R., Mazaira, Z., Alonso, I., y López, G.A. (2019). Diseño de un indicador integral dedesempeño para las industrias cementeras (Ecuador). *Revista Espacio*, 40 (13), 8-18. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n13/19401308.html>. Fecha de consulta: 19/01/2020.
- Calla Coaquira, R. J., (2019) "Modelo univariante para pronosticar la cantidad de ventas mensuales de bolsas de cemento rumi producidos en la planta Cemento Sur del distrito de Caracoto, periodo 2005 – 2018". Tesis de diploma, Universidad Nacional de Altiplano: Perú. Consultado en [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13177/Calla\\_Coaquira\\_Roger\\_Jh%C3%B3n.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13177/Calla_Coaquira_Roger_Jh%C3%B3n.pdf?sequence=1) . Fecha de consulta: 9/01/2020.
- Cajigas, M., Ramírez, E y Ramírez, D. (2019). Capacidad de producción y sostenibilidad en empresas nuevas. *Revista Espacio*, 40 (43), 15-29. Consultado en <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/19404315.html>. Fecha de consulta: 15/04/2020.
- Cruz-Cruz, B. E., Torres, J. G., & Acevedo-Urquiaga, A. J. (2020). Análisis de capacidad y distribución para la instalación de una planta de molienda y panificación. *Germina. Revista Anual de Investigación Formativa*, 3(3), 89-108: <http://cipres.sanmateo.edu>.

- co/index.php/germina/article/view/331.Fecha de consulta: 21/06/2020.
- Cossío, N. S., Shacay, B. F. S., Suárez, A. J. A., & Pérez, Y. S. (2017). Capacidad productiva de una industria láctea del Puyo, Ecuador. *ECA Sinergia*, 8(2), 31-43: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=623033>. Fecha de consulta: 07/09/2020.
- Escobar, J. (2018). "Determinación de la capacidad de producción de losetas hidráulicas en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Combinado de Hormigón "Eladio Rodríguez Méndez" de la empresa Materiales de la Construcción de Villa Clara". Doctoral dissertation, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: Santa Clara. Consultado en <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/9719>. Fecha de consulta: 25/07/2020.
- Godet, M., y Durance, P. (2007). *Prospectiva Estratégica: Problemas y Métodos*. Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia: Donostia / San Sebastián.
- Hanke, J., y Wichern, D. (2006). *Pronósticos en los Negocios*. Prentice Hall: México.
- Londoño, M. F. (2014). "Planeación de la capacidad de producción para la nueva fábrica de muebles de la empresa Iván Botero Gómez". Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia- Sede Manizales, Colombia. <https://core.ac.uk/reader/77275510>. Fecha de consulta: 23/10/2019.
- López G.A, Mata M., Becerra F. A, Cabrera H.A (2018). *Planificación de Empresas*. Editorial Universo Sur, Universidad Metropolitana de Ecuador. Colección Gestión Empresarial, Guayaquil. <https://universosur.ucf.edu.cu/index.php/en/catalogo-de-publicaciones/item/135-empresas>. Fecha de consulta: 16/10/2019.
- Medina, J., y Ortegón, E. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social.
- Pozo, J. M., Rodríguez, Z., Avilés, E., y Smith, Y. (2010). *Apuntes sobre la Planificación Empresarial*, Facultad de Economía, Universidad de La Habana, La Habana.
- Pozo, J. M., Zamora, T. y Lanza, J.E. (2020): Contribución a la determinación de la capacidad de producción en empresas de proyectos, *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana* (enero 2020). <https://www.eumed.net/rev/oel/2020/01/produccion-empresas-proyectos.html>. Fecha de consulta: 05/10/2020.
- Prieto, D. (2016). "Evaluación de la rentabilidad de la producción de Cemento de Bajo Carbono a partir de la comparación de las metodologías tradicionales, y el Return on Capital Employed: ROCE". Tesis de diploma, Universidad Central de las Villas, Santa Clara. <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/hand>

le/123456789/7381. Fecha de consulta: 07/10/2019.

Render, B., y Heizer, J. (1996). *Principios de Administración de Operaciones*. Prentice Hall. México.

Sangabriel, I., Mavil, J.M., y Méndez M.M. (2015). La prospectiva estratégica: un acercamiento teórico, *Ciencia Administrativa*, (II), 51-52. Consultado en <https://www.uv.mx/iiesca/files/2016/04/06CA201502.pdf> .Fecha de consulta: 28/10/2019.

Tapia, G. (2016). *Fundamentos de la planeación estratégica prospectiva*. XXXVI Jornadas Nacionales de Administración Financiera, septiembre 2016. Universidad de Buenos Aires. Argentina. Consultado en [https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion\\_general/sadaf/xxxvi\\_jornadas/xxxvi-j-tapia-fundamentos.pdf](https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion_general/sadaf/xxxvi_jornadas/xxxvi-j-tapia-fundamentos.pdf). Fecha de Consulta: 7/12/2019.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que existe ausencia de conflicto de intereses con respecto a este artículo, por lo que se exime a la revista *Ekotemas* de cualquier reclamación al respecto.

## CONTRIBUCIÓN AUTORAL

FRANK ERNESTO BECERRA CASTRO. Realizó el cálculo de las capacidades de la empresa, y elaboró los pronósticos y los escenarios, con el apoyo de los expertos del área de producción y mantenimiento.

JORGE LUIS BONACHEA RODRÍGUEZ. Profundizó en el estudio de capacidades y en la definición de los fondos de tiempo, especialmente en los mantenimientos preventivos planificados, debido a la importancia que tienen para la empresa por sus problemas tecnológicos.

FRANCISCO ÁNGEL BECERRA LOIS. Asesoró en el ámbito académico para la integración de los diferentes métodos y técnicas de planificación y en la metodología para la elaboración de artículos científicos.