



# **MEJORA DE LA EFICIENCIA EN LAS PLANTAS DE ÁRIDOS**

# Fases en la mejorara de la eficiencia en plantas de tratamiento de áridos



# Diseño inicial de la planta de tratamiento

## CONDICIONANTES GEOLÓGICAS

- Tipo de material
- Calidad del material
- Posibilidad de uso de agua
- ...



# Diseño inicial de la planta de tratamiento

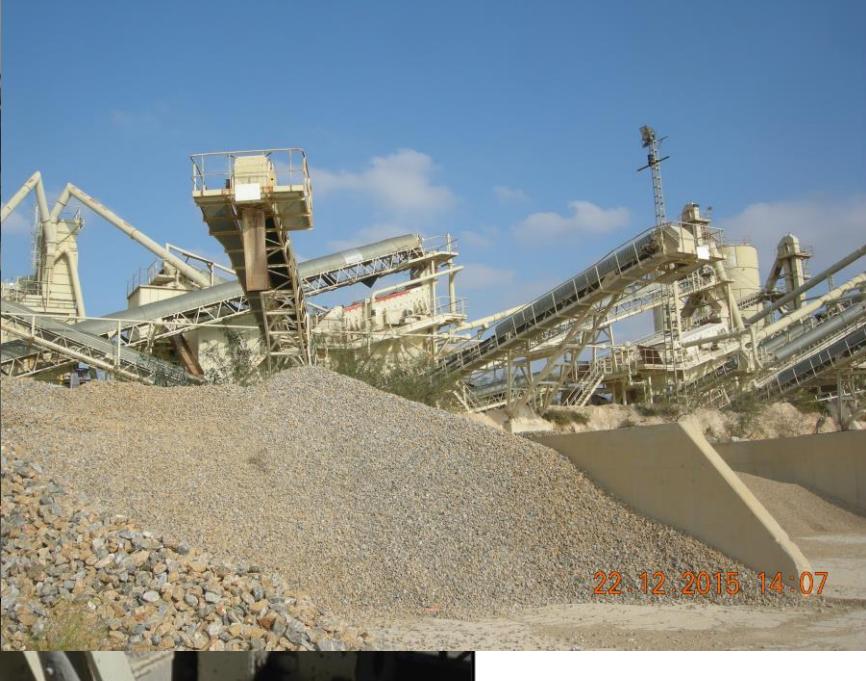
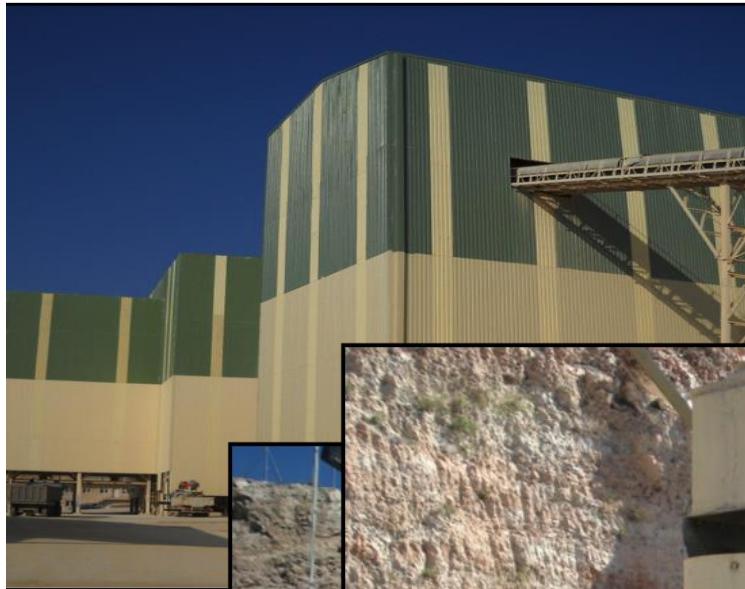
## CONDICIONANTES DE MERCADO

- Mercado: hormigón, mortero, balasto, aglomerado...
- Volumen de mercado objetivo
- Productos a fabricar
- ...



# Diseño inicial de la planta de tratamiento

- Implantación vertical u horizontal. La gravedad ahorra. Plantas carenadas.
- TOLVA primaria ¿prioridad ciclo transporte o planta? Solución salomónica.
- En canteras ¿una limpieza de tierras o dos?
- En canteras, selección de la primaria:
  - ❖ Mandíbulas, impactor, cono. Atascos: riesgo e indisponibilidad.
  - ❖ Tamaño de boca. % de finos → Ahorro de reservas.
- Cintas o elevadores de cangilones.
- Cintas transportadoras, ¿una o varias?, transmisión.
- En sílice y granito, no hay discusión: conos.



2011

# Diseño inicial de la planta de tratamiento

- Circuitos cerrados: molino, criba, salida productos, rechazo a retriturar.
- Homogeneizar el flujo de alimentación a molinos con tolva y alimentador.
- Lavado de arena, las norias son una buena alternativa.
- Grupos de ciclones demandan altas energías.
- Los tanques de clarificación con adición de floculante regulada por medición de la sedimentación.
- Carga para expedición, minimizar uso de palas cargadoras. Expedición automática Silos, básculas puente, células de carga. Acopios cinta túnel y báscula.
- Recomposición de curvas granulométricas.
- Palas con báscula.
- Emisoras.
- Gestión de ventas desasistida.



# Diseño inicial de la planta de tratamiento. Medidas de eficiencia energética

- Establecer un adecuado factor de potencia.
- Adecuar la producción al tipo de hora y tarifa contratada en el mercado libre.

Península Ibérica		
	Invierno	Verano
P1 - Punta	18 - 22 h.	11 - 15 h.
P2 - Llano	8 - 18 h.	8 - 11 h.
P3 - Valle	22 - 24 h.	15 - 24 h.
	0 - 8 h.	0 - 8 h.

Islas Baleares		
	Invierno	Verano
P1 - Punta	18 - 22 h.	18- 22 h.
P2 - Llano	8 - 18 h.	8-18 h.
P3 - Valle	22 - 24 h.	22 - 24 h.
	0 - 8 h.	0 - 8 h.

- Alumbrado LED.
- Detectores de presencia.

# Diseño inicial de la planta de tratamiento. Automatismos y controles

- Instalar básculas en proceso. Integradoras en cintas. Patas de silos.
- Indicadores de nivel y llenado silos y tolvas.
- Horómetros.
- Control de entrada y salida. Control de presencia.
- Caudalímetro.
- Registradores de consumo eléctrico.
- Control de planta mediante sistemas SCADA.

# GESTIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA

## Herramientas de análisis y control

- Obtención continua de indicadores de los procesos: producción por periodos, producción horaria, disponibilidad,...
- Conocimiento del consumo de recursos: reservas, explosivos, combustibles, energía eléctrica, horas personal,...
- Cruce entre magnitudes.
- Cuenta de pérdidas y ganancias del centro de producción (frecuencia).
- Flujos de caja descontados.

## Comparativa de ratios en instalaciones similares

Sand & Gravel			
	Good	Average	Bad
Personnel productivity t/h	35	25	15
Energy consumption MJ/t	15	20	30
M&R costs €/t	0,2	0,4	0,7

Crushed rock			
	Good	Average	Bad
Personnel productivity t/h	30	20	10
Energy consumption MJ/t	15	20	30
M&R costs €/t	0,8	0,9	1,2
Explosives €/t	0,5	0,8	1

# Ejemplo de cuenta de pérdidas y ganancias

	<b>TOTAL</b>	<b>Unit.</b>
TM PRODUCCION PRODUC.	427.200	
TM PRODUCCIÓN SUBPROD.	71.941	
<b>TOTAL TM. PRODUCCIÓN</b>	<b>499.141</b>	
TM VENTAS PRODUCTOS	678.660	
TM VENTAS SUBPRODUCTOS	96.544	
<b>TOTAL TM VENTAS</b>	<b>775.204</b>	
VENTAS PRODUCTOS	3.732.642	5,50
VENTAS SUBPRODUCTOS	283.092	2,93
<b>TOTAL VENTAS</b>	<b>4.015.734</b>	<b>5,18</b>
ABONOS / AJUSTES		
<b>TOTAL VENTAS NETAS</b>	<b>4.015.734</b>	
MVTO. DE STOCKS ARIDOS	-820.944	
<b>VALOR NETO</b>	<b>3.194.790</b>	
<b>COSTES PRODUCCION</b>		
Extracción	6.000	0,01
Desmonte	568.673	1,14
Carga de materias primas	68.316	0,14
Transporte de materias primas	211.554	0,42
Trituración y clasificación	268.139	0,63
Sección Ventas	117.823	0,24
Admin. Canteras	179.846	0,36
Consumo de Materias Primas	954.388	1,91
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>2.374.739</b>	<b>4,76</b>
<b>BENEFICIO BRUTO</b>	<b>820.050</b>	<b>1,64</b>
TOTAL FIJOS PLANTA	315.680	0,63
<b>TOTAL FIJOS Y ADMIN.</b>	<b>315.680</b>	<b>0,63</b>
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>2.690.419</b>	<b>5,39</b>
<b>RESULTADO EBIT</b>	<b>504.371</b>	<b>1,01</b>
DEPRECIACION DE ACTIVOS	227.722	
AMORTIZACIÓN DE RESERVAS		
<b>TOTAL DEPRECIACIÓN Y AMORTIZ.</b>	<b>227.722</b>	
<b>RESULTADO EBITDA</b>	<b>732.093</b>	<b>1,47</b>

# COSTOS DE PRODUCCIÓN

## COSTOS DE PRODUCCIÓN POR OPERACIÓN

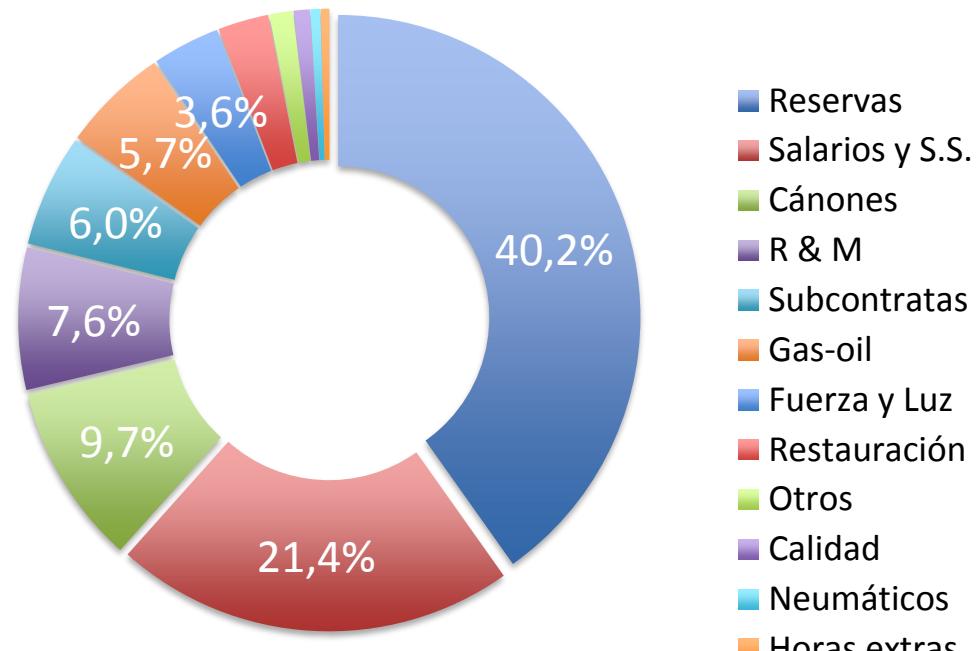
	<b>TOTAL</b>	<b>Unit.</b>
Extracción	6.000	0,01
Desmonte	568.673	1,14
Carga de materias primas	68.316	0,14
Transporte de materias primas	211.554	0,42
Trituración y clasificación	268.139	0,63
Sección Ventas	117.823	0,24
Admin. Canteras	179.846	0,36
Consumo de Materias Primas	954.388	1,91
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>2.374.739</b>	<b>4,76</b>
<b>TOTAL VAR. (sin amort. reservas)</b>	<b>1.420.352</b>	<b>2,85</b>

## COSTOS DE OPERACIÓN POR CONCEPTO

	<b>TOTAL</b>	<b>Unit.</b>
Gas-Oil y Aceite	134.778	0,27
Reparación y Mantenimiento	180.332	0,36
Neumáticos y Cadenas	12.729	0,03
Salarios	377.353	0,76
Horas Extras	10.975	0,02
Seguridad Social	131.284	0,26
Alquiler Equipo	0	0,00
Subcontratistas	142.856	0,29
Fuerza y Luz	85.600	0,17
Coche Variable	9.660	0,02
Viajes e Invitaciones	6.040	0,01
Gastos Generales	14.322	0,03
Agua	0	0,00
Pruebas Laboratorio	20.439	0,04
Ecología-Restauración	64.390	0,13
Cánones	229.594	0,46
Amort.Reservas	954.387	1,91
<b>TOTAL POR CUENTA</b>	<b>2.374.739</b>	<b>4,76</b>
Directo Fijo	558.299	1,12
Directo Variable	1.293.392	2,59

# RELEVANCIA DE LOS CONCEPTOS DE GASTO EN EL GASTO TOTAL

CONCEPTO	%
Reservas	40,2%
Salarios y S.S.	21,4%
Cánones	9,7%
R & M	7,6%
Subcontratas	6,0%
Gas-oil	5,7%
Fuerza y Luz	3,6%
Restauración	2,7%
Otros	1,3%
Calidad	0,9%
Neumáticos	0,5%
Horas extras	0,5%



# 1. COSTO DE PRODUCCIÓN €/t

GASTO / PRODUCCIÓN

GASTO (h)

# 2. PRODUCCIÓN = p x d x h

p = producción horaria, d =  
disponibilidad, h = horas de trabajo

PRODUCCIÓN (h)

para p = 250 t/h, d = 75 % y h = 2.278 horas

$$P = 250 \times 0.75 \times 2.278 = 427.200 \text{ t}$$

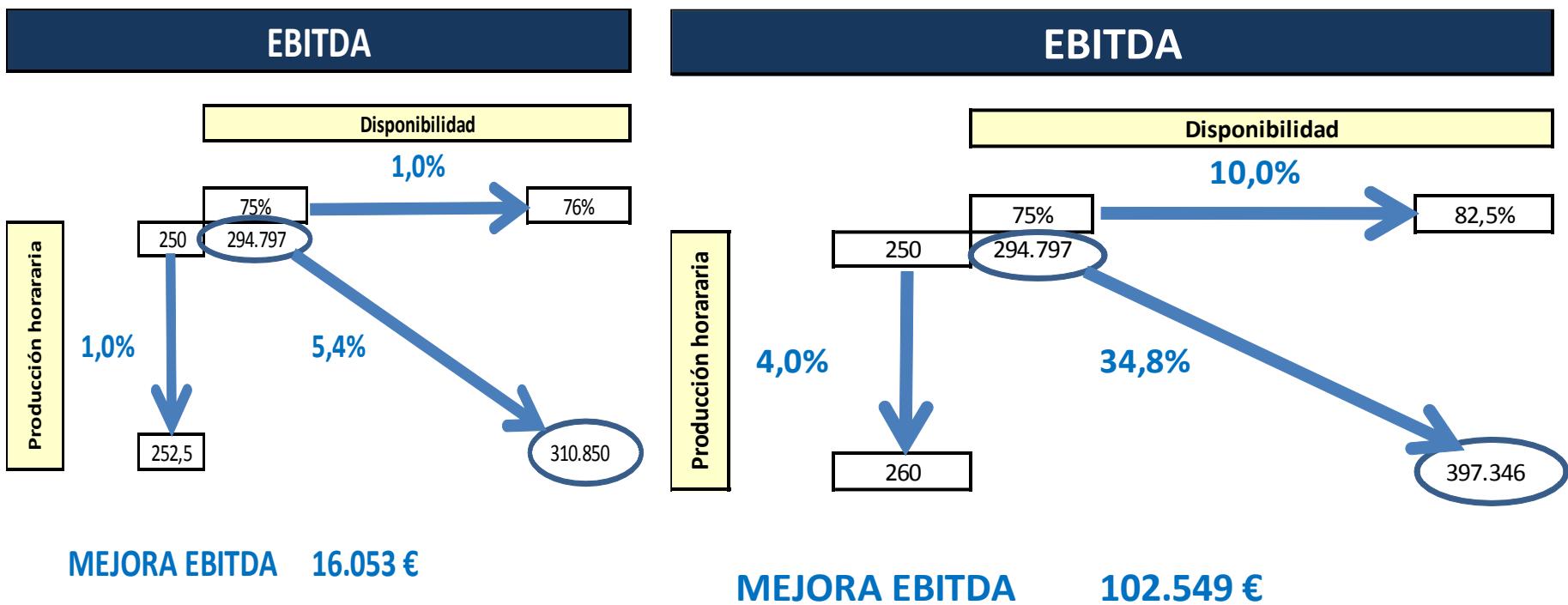
CUENTA DE RESULTADOS		
	TOTAL	Unit. €/t
TM PRODUCCIÓN PRODUC.	427.200	
TM PRODUCCIÓN SUBPROD.	71.941	
<b>TOTAL TM. PRODUCCIÓN</b>	<b>499.141</b>	
TM VENTAS PRODUCTOS	427.200	
TM VENTAS SUBPRODUCTOS	96.544	
<b>TOTAL TM VENTAS</b>	<b>523.744</b>	
VENTAS PRODUCTOS	2.349.607	5,50
VENTAS SUBPRODUCTOS	283.092	2,93
<b>TOTAL VENTAS</b>	<b>2.632.700</b>	<b>5,03</b>
MVTO. DE STOCKS ÁRIDOS	-89.600	
<b>VALOR NETO PRODUCCIÓN</b>	<b>2.543.099</b>	
<b>COSTES PRODUCCIÓN</b>		
Extracción	6.000	0,01
Desmonte	585.183	1,17
Carga de materias primas	77.211	0,15
Transporte de materias primas	253.168	0,51
Trituración y clasificación	289.491	0,68
Sección Ventas	141.066	0,28
Admin. Canteras	196.385	0,39
Consumo de Materias Primas	611.839	1,23
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>2.160.344</b>	<b>4,33</b>
<b>TOTAL VAR. (sin amort. reserva)</b>	<b>1.548.505</b>	<b>3,10</b>
<b>BENEFICIO BRUTO</b>	<b>382.755</b>	<b>0,77</b>
TOTAL FIJOS PLANTA	315.680	0,63
TOTAL GASTOS ADMIN.	0	0,00
<b>TOTAL FIJOS Y ADMIN.</b>	<b>315.680</b>	<b>0,63</b>
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>2.476.024</b>	<b>4,96</b>
<b>RESULTADO EBIT</b>	<b>67.075</b>	<b>0,13</b>
DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS	227.722	
AMORTIZACIÓN DE RESERVAS	0	
<b>TOTAL DEPRECIACIÓN Y AMORT.</b>	<b>227.722</b>	
<b>RESULTADO EBITDA</b>	<b>294.797</b>	<b>0,59</b>
<b>DATOS VARIABLES</b>		
Disponibilidad	75%	
Producción	250	t/h
Horas	2.278	h
<b>HORAS DIA</b>	<b>9,5</b>	<b>h/d</b>

$$C_v = G_v / P$$

$$C_v \downarrow = G_v \downarrow / P \uparrow$$

**CUENTA DE RESULTADOS COMPARATIVA**

	<b>TOTAL</b>	<b>Unit. €/t</b>	<b>TOTAL</b>	<b>Unit. €/t</b>
TM PRODUCCIÓN PRODUC.	427.200		427.200	
TM PRODUCCIÓN SUBPROD.	71.941		71.941	
<b>TOTAL TM. PRODUCCIÓN</b>	<b>499.141</b>		<b>499.141</b>	
TM VENTAS PRODUCTOS	427.200		427.200	
TM VENTAS SUBPRODUCTOS	96.544		96.544	
<b>TOTAL TM VENTAS</b>	<b>523.744</b>		<b>523.744</b>	
VENTAS PRODUCTOS	2.349.607	5,50	2.349.607	5,50
VENTAS SUBPRODUCTOS	283.092	2,93	283.092	2,93
<b>TOTAL VENTAS</b>	<b>2.632.700</b>	<b>5,03</b>	<b>2.632.700</b>	<b>5,03</b>
MVTO. DE STOCKS ÁRIDOS	-89.600		-89.600	
<b>VALOR NETO PRODUCCIÓN</b>	<b>2.543.099</b>		<b>2.543.099</b>	
<b>COSTES PRODUCCIÓN</b>				
Extracción	6.000	0,01	6.000	0,01
Desmonte	585.183	1,17	571.972	1,15
Carga de materias primas	77.211	0,15	70.093	0,14
Transporte de materias primas	253.168	0,51	219.869	0,44
Trituración y clasificación	289.491	0,68	272.405	0,64
Sección Ventas	141.066	0,28	122.467	0,25
Admin. Canteras	196.385	0,39	183.151	0,37
Consumo de Materias Primas	611.839	1,23	611.839	1,23
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>2.160.344</b>	<b>4,33</b>	<b>2.057.796</b>	<b>4,12</b>
<b>TOTAL VAR. (sin amort. reservas)</b>	<b>1.548.505</b>	<b>3,10</b>	<b>1.445.957</b>	<b>2,90</b>
<b>BENEFICIO BRUTO</b>	<b>382.755</b>	<b>0,77</b>	<b>485.304</b>	<b>0,97</b>
TOTAL FIJOS PLANTA	315.680	0,63	315.680	0,63
TOTAL GASTOS ADMIN.	0	0,00	0	0,00
<b>TOTAL FIJOS Y ADMIN.</b>	<b>315.680</b>	<b>0,63</b>	<b>315.680</b>	<b>0,63</b>
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>2.476.024</b>	<b>4,96</b>	<b>2.373.475</b>	<b>4,76</b>
<b>RESULTADO EBIT</b>	<b>67.075</b>	<b>0,13</b>	<b>169.624</b>	<b>0,34</b>
DEPRECIAZIÓN DE ACTIVOS	227.722		227.722	
AMORTIZACIÓN DE RESERVAS	0		0	
<b>TOTAL DEPRECIAZIÓN Y AMORTIZ.</b>	<b>227.722</b>		<b>227.722</b>	
<b>RESULTADO EBITDA</b>	<b>294.797</b>	<b>0,59</b>	<b>397.346</b>	<b>0,80</b>
<b>DATOS VARIABLES</b>				
Disponibilidad	75%		82,5%	
Producción	250	t/h	260	t/h
Horas	2.278	h	1.992	h
<b>HORAS DIA</b>	<b>9,5</b>	<b>h/d</b>	<b>8,3</b>	<b>h/d</b>



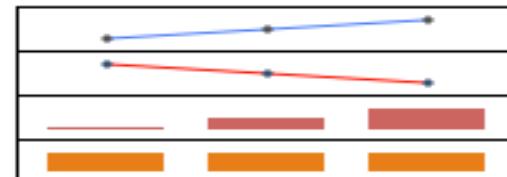
CONTADORES	Inicial	Final	Dif	Unidad
Horario teórico	08:00:00	16:00:00	480,00	mm
Horómetro planta	25.432,0	25.850,0	418,00	mm
Báscula planta	125.879,0	127.237,5	1.358,5	t

Mejora de la eficiencia en las plantas de áridos

INCIDENCIAS	Número de incidencias	Duración total (mm)	Disp (%)	Indisp (%)
Presencia de personal	1	20	95,8%	4,2%
Falta de material en tolva	4	20	95,8%	4,2%
Cinta 1	1	2	99,6%	0,4%
Criba			100,0%	
Cinta producto 1			100,0%	
Cinta producto 2			100,0%	
Cinta producto 3			100,0%	
Cinta a molino			100,0%	
Molino	1	20	95,8%	4,2%
Cinta retorno			100,0%	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>62</b>	<b>87,1%</b>	<b>12,9%</b>



Disponibilidad (%)	87,1%	88,1%	89,2%
Indisponibilidad (%)	12,92%	11,88%	10,83%
Producción (t)	1.358,5	1.374,8	1.391,0
Producción (t/h)	195,0	195,0	195,0



# Mejoras y correcciones en el proceso. Incrementar la eficiencia

**Capex para la instalación de automatismos en xxxxxxx (xxxxx) Año 2008**

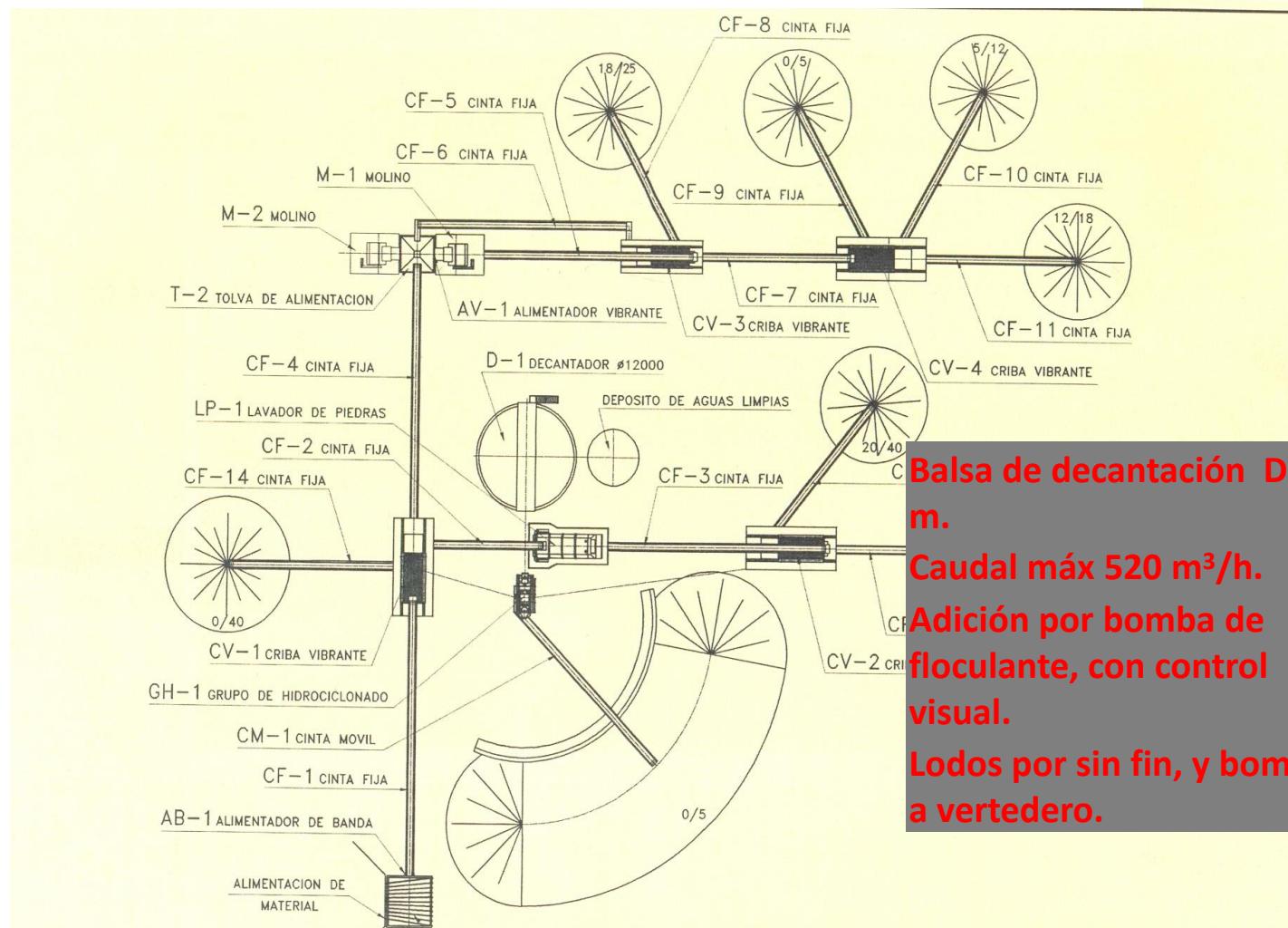
**Instalación de automatismos para el control de molienda y tanque de clarificación por importe total de 22k EUR. Ahorros anuales de 20k EUR.**

## 1. Sumario ejecutivo

La planta de tratamiento de la grava de xxxxxxxx no cuenta con automatismos para controlar de forma eficiente los procesos más importantes de la planta:

- Los lodos de la balsa de decantación utiliza floculante, que se controla manualmente actuando sobre la bomba de dosificación.
- Los molinos del circuito secundario no disponen de control automático en la alimentación.

Real	Marca	Potencia motor		
		Kw	Cv	t/h
M-1	Arja Tauro 30-p	250	340	150
M-2	Hazemag AP 50	250	340	150



**Balsa de decantación D 12 m.**

**Caudal máx 520 m<sup>3</sup>/h.**

**Adición por bomba de floculante, con control visual.**

**Lodos por sin fin, y bombeo a vertedero.**

# Agravantes

- Caída del mercado (agosto 2007)

		Abril 06 a dic-06	2007	Budget 2008	Forecast abr-08
Producción	Productos t	520.268	508.115	575.001	328.889
	Subproductos t	51.473	156.960	83.433	86.897
	Total t	571.741	665.075	658.434	415.786
Ventas	Productos t	490.699	510.727	590.000	280.395
	Subproductos t	69.583	163.917	122.500	102.128
	Total t	560.282	674.644	712.500	382.523
Precio	Productos €/t	5,15	5,43	5,71	5,47
	Subproductos €/t	2,77	2,37	2,89	1,83
	Total €/t	4,86	4,68	5,22	4,49
	Costo variable	2.199.621	2.552.707	2.760.522	1.833.316
	Costo variable €/t	3,85	3,84	4,19	4,41
	Fijos €	246.684	370.487	423.511	390.137
	EBIT €	311.835	311.852	432.743	-437.845

# Agravantes

- Nuevas reservas

Corte	Máxima piedra	Máxima arena	Medio
0/6	128	52,9%	128
6/20	37	15,3%	19
20/40	14	6,0%	0
subtotal naturales	179	74,2%	147
Trit 20/40	20	8,5%	10
Trit 0/5	18	7,4%	9
Trit 6712	12	5,0%	6
Trit 12/20	12	4,9%	6
subtotal triturados	62	25,8%	31
Total Productos	241		178
			203

Cuadro 1

	Año 2006	Enero 2007 agosto 2007	Sep 2007 dic 2007	Total 2007	Budget 2008	YTD marzo 08	SAWA Forecast abril 08
--	----------	---------------------------	----------------------	------------	-------------	--------------	---------------------------

Horas planta teóricas	2.140	2.142	1.134	3.276	3.681	747	2.259
Horas planta reales	1.864	1.815	822	2.637	2.539	498	1.617
Disponibilidad planta	87,1%	84,7%	72,5%	80,5%	69,0%	66,7%	71,6%
Días de trabajo	170	160	80	240	240	60	240
Horario planta	12,6	13,4	14,2	13,7	15,3	12,5	9,4
T/h planta	279,1	195,5	186,4	192,7	226,5	193,3	203,4
Producción planta t	520.268	354.892	153.223	508.115	575.001	96.245	328.889
Horas parada planta por decantador	85	57	82	139	156	76	230
Indisp debida al decantador	4,0%	2,7%	7,2%	4,2%	4,2%	10,2%	10,2%
Horas parada/día de trabajo	0,50	0,36	1,03	0,58	0,65	1,27	0,96
Perdida de producción debida al decantador t	20.665	9.444	11.080	21.559	24.397	9.792	33.461

Cuadro 2

	Ene-Agosto 2007	Agosto a Diciembre 2.007	Total 2.007	Budget 2008	TYD Marzo 2008	SAWA
Kg Floculante	4.030	2.844	6.874	6.673	2.238	5.834
Precio €/kg	2,58	2,46	2,53	2,60	2,33	2,33
Gasto en floculante	10.397	6.996	17.394	17.350	5.215	13.593
t arena	220.798	91.000	311.798	310.501	61.892	161.337
€/t arena	0,05	0,08	0,06	0,06	0,08	0,08
kg/t arena	0,018	0,031	0,022	0,021	0,036	0,036

Las producciones horarias en la zona de molienda son:

	Máxima piedra	Máxima arena	Medio
Producciones t/h			
CF-4	62	31	43
CF-5	72	36	50
CF-6 (retorno)	10	5	7
M-1, M-2	72	36	50

Los molinos son consumidores de una aparte elevada del gasto en energía eléctrica. El gasto histórico en energía en XXXXXX ha sido:

Año 2006	Enero 2007 agosto 2007	Sep 2007 dic 2007	Total 2007	Budget 2008	SAWA
Kwh	724.846	641.702	333.901	975.603	1.276.502
Producción productos t	520.268	354.892	153.223	508.115	575.001
kwh/t nt	1,39	1,81	2,18	1,92	2,22
€	<b>71.353</b>	<b>64.403</b>	<b>33.595</b>	<b>97.998</b>	<b>127.602</b>
€/t	0,14	0,18	0,22	0,19	0,22
€/kwh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
	(*)	(*)			
	213.923	731.012			
	96.246	328.889			
	2,22	2,22			
	<b>22.689</b>	<b>77.410</b>			
	0,24	0,24			
	0,11	0,11			

# Propuestas de mejora

- Automatizar la adición de floculante con analizador de la turbiedad en continuo:
  - ✓ Mejor disponibilidad del 66,7 % al 74,2 %, implica 11.993 €
  - ✓ Ahorro de floculante 2.058 €/año
- Automatizar el funcionamiento de los molinos (parar y arrancar), con control por sondas de peso en las patas de la tolva.

Modo de trituración				Kwh
	SAWA	N P	Diferencia	
Tritura, la piedra que entra en tolva, cuando de trituración bajo. Tolva vacía. Alimentador al máximo (SAWA)	1.617	1.617	0	58,9
Horas año				
Ciclos año	1.420	1.420	0	
Máxima trituración! Tolva llena alimentador al máximo	58,9	29,69	-29	64,0
Consumo anual Kwh	95.197	42.168	-53.029	
Sin carga. Alimentador parado	0,11	0,11	0	7,2
Importe €	10.472 €	4.639 €	-5.833	

# Ofertas estudiadas

	A	B	C	D
Control de nivel en tolva molinos	21.000	1.000	1.000	1.000
Automatismo, molienda		4.600	4.600	4.600
Total automatización molienda	21.000	5.600	5.600	5.600
Control de sedimentación	4.100	9.200	13.700	2.765
Instalación eléctrica		3.380	6.200	1.000
Automatismo	22.800	12.700	12.700	12.700
Total automatización lavado de arenas	26.900	25.280	32.600	16.465
<b>TOTAL</b>	<b>47.900</b>	<b>30.880</b>	<b>38.200</b>	<b>22.065</b>

# Análisis financiero

- Cash flow diferencial: Situación actual (SAWA) frente a Propuesta (NP)

Inversión €000	22,07
----------------	-------

IRR % (TIR)	68,92%
NPV € 000 (VP)	54,4
PV/I	3,47
Payback	1,4

MUCHAS GRACIAS

Juan Antonio García-Rama