



Grupo EL ÁNGEL

Somos más que azúcar

AZÚCAR • ENERGÍA • INNOVACIÓN AGRÍCOLA • INMOBILIARIA

Aprovechamiento de los Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*)

Henry Fabián
Desarrollo Agronómico

25 de julio 2019



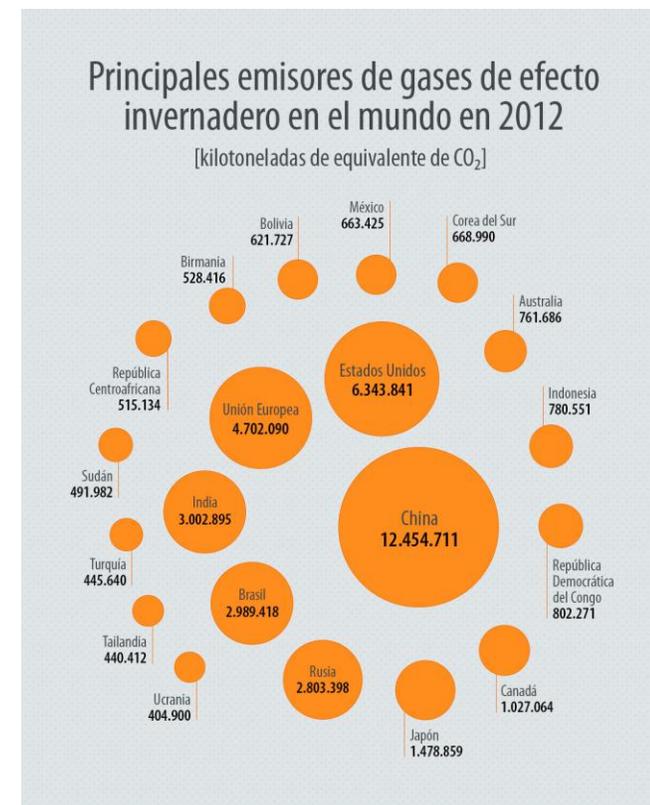
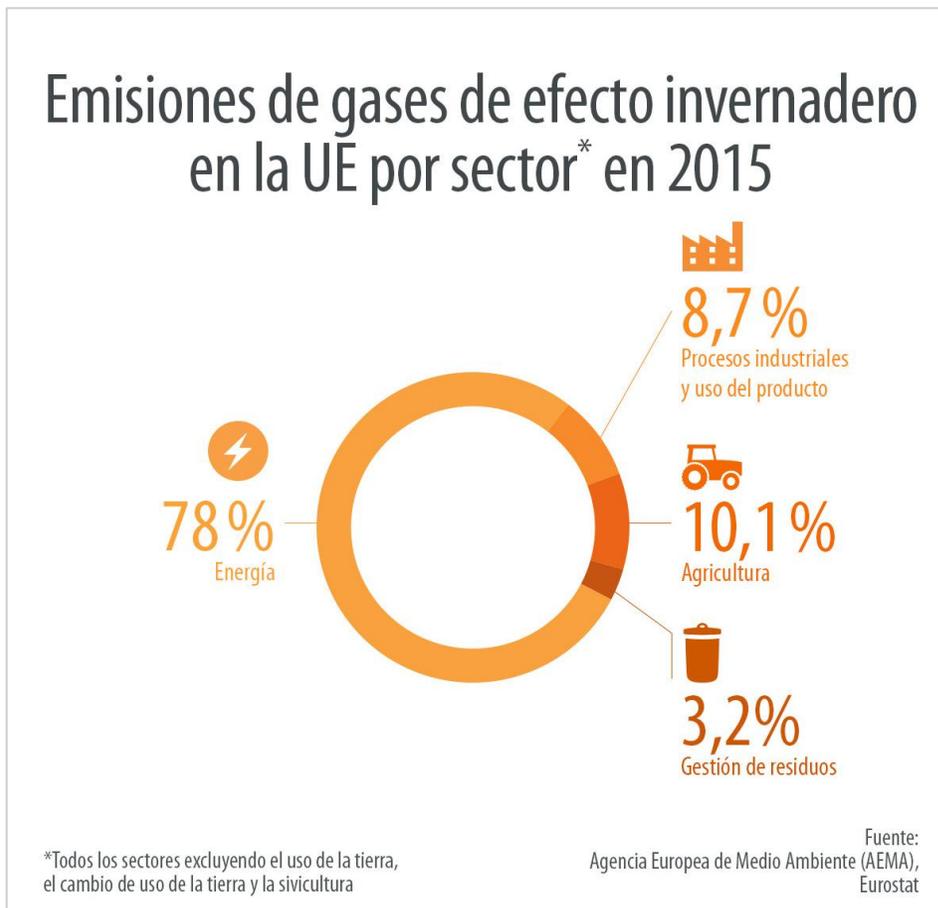
Grupo EL ÁNGEL
Somos más que azúcar

Emisiones de gases de efecto de invernadero

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA UE Y EN EL MUNDO



Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE por sector* en 2015



Efecto Invernadero

Dow & Downing, 2007

- 53% de gases presentes en la atmósfera corresponde al CO₂

Solomon *et al.*, 2007 CO₂ en la atmosfera

- > 50% 30 años para desaparecer
- 30% seguirá activo por varios siglos
- 20% duración de varios millones de años

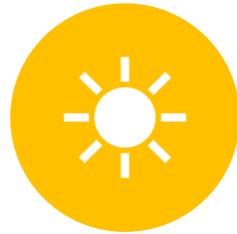
Fuentes renovables de energía limpia



HIDRÁULICA



GEOTÉRMICA



SOLAR



EÓLICA



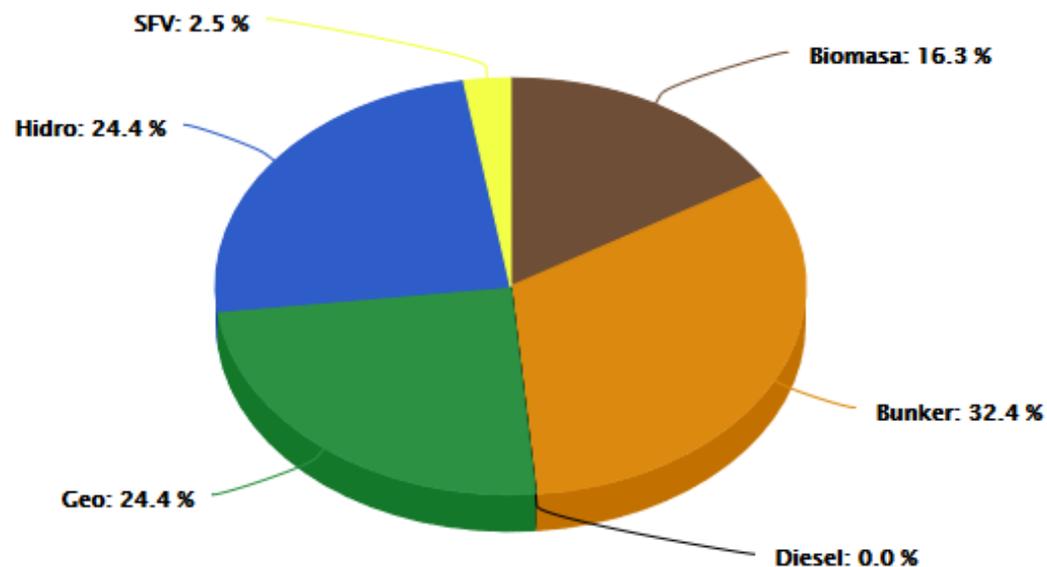
BIOMASA

Concejo Nacional de Energía (CNE), 2019

Matriz de Generación Acumulada 2019 (GWh)

Última referencia: 30-06-2019

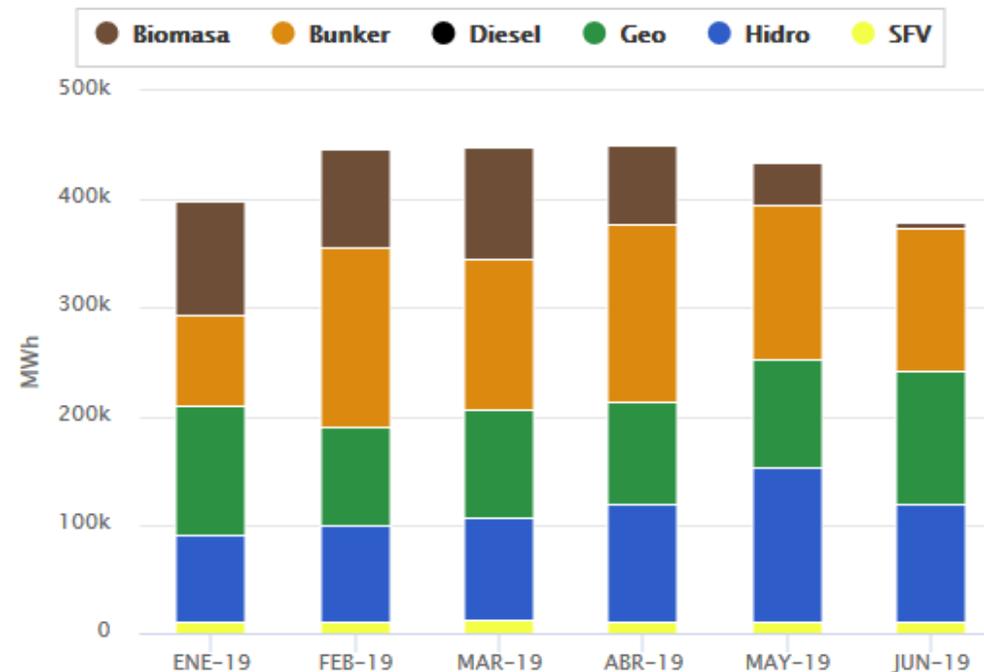
Biomasa	Bunker	Diesel	Geotérmica	Hidroeléctrica	SFV
415.60	828.18	0.25	625.10	623.11	64.82



Generación Mensual 2019 (MWh)

Última referencia: JUN-19(IND)

Cerrón Grande	Guajoyo	15 de Septiembre	5 de Noviembre
19,448.56	812.29	49,132.85	39,152.07

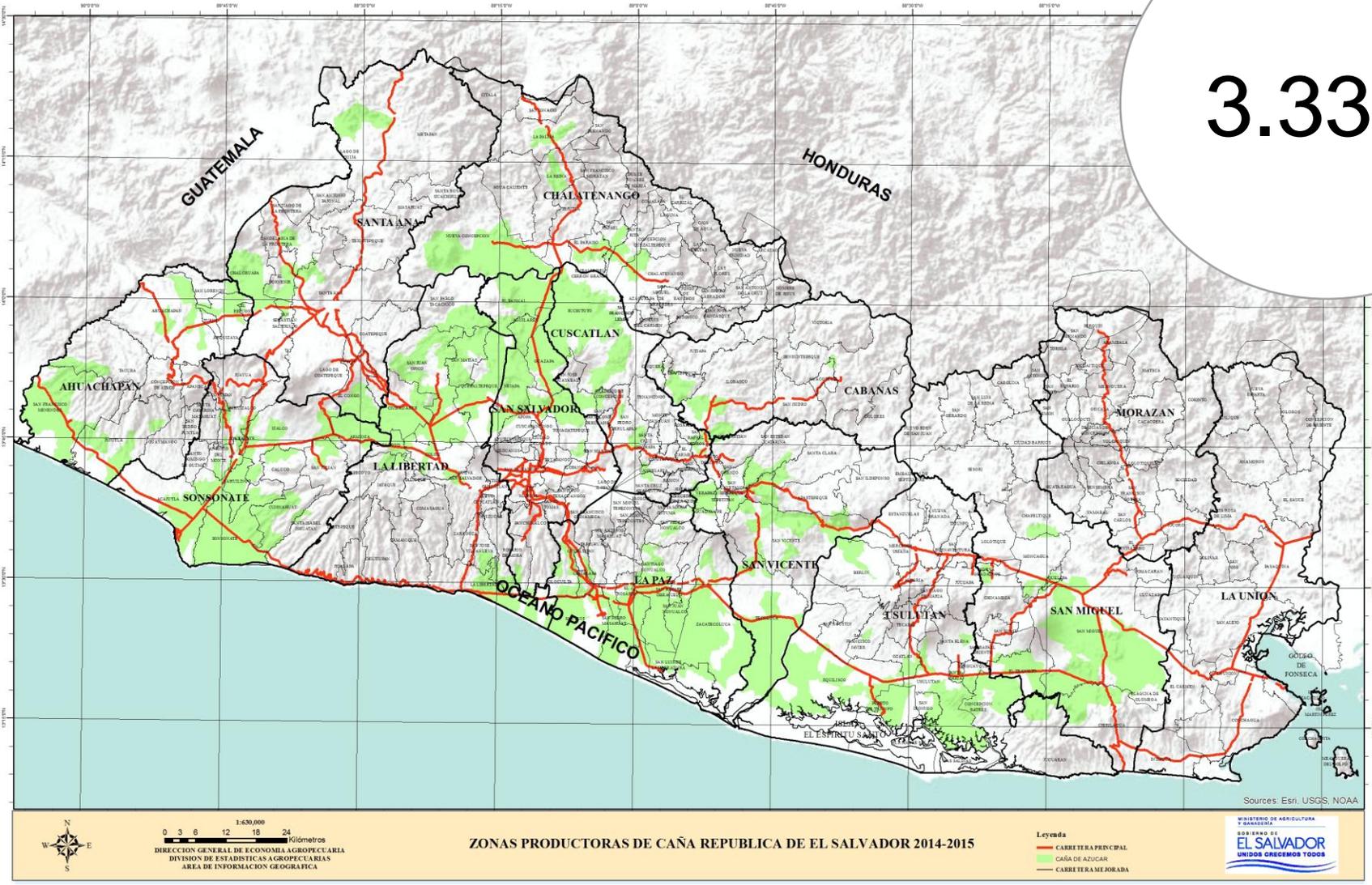


<http://estadisticas.cne.gob.sv/>

Zonas productoras de caña de azúcar

Periodo 2014/2015

3.33%



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Economía Agropecuaria, División de Estadísticas Agropecuarias, Área de Información Geográfica, Zonas Productoras de caña 2014-2015

Caña de azúcar

Planta C4

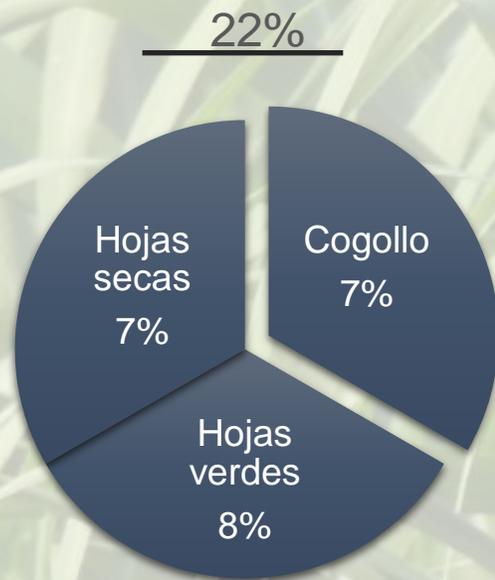
- Eficiente Uso de Agua (EUA) = gramos de CO₂/gr de H₂O

Características	C3	C4	CAM
EUA (Gr CO ₂ / Kg H ₂ O)	1 a 3	2 a 5	1 a 8
Frecuencia estomática (estomas / mm)	40 a 300	< 160	10 a 40
Tasa transpiración (gr/gr)	450 a 900	250 a 350	45 a 55
Temperatura óptima °C	15 a 25	25	> 30
Fotorrespiración	Hasta 40% fotosíntesis neta	Poca o inexistente	Difícil de estimar

Fuente: J. Barceló, Fisiología Vegetal

Al cultivar en un mismo ambiente, a 30°C hierbas C3 y hierbas C4, se observa que mientras las hierbas C3 pierden aproximadamente 833 moléculas de agua por cada molécula de CO₂ fijada, las hierbas C4 pierden solamente 277 moléculas de agua por molécula de CO₂ fijada.

Proporción de Biomasa (RAC) en caña de azúcar



Fuente: J. Barceló, Fisiología Vegetal

Cosecha de la caña de azúcar

Recolección de la materia prima en el campo con mínimas pérdidas y alta eficiencia, garantizando el suministro de caña oportuna de calidad y en cantidad suficiente a la fábrica, con el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materia extraña.



Modalidades de corte

- Manual
- Mecanizado

Cosecha verde



Beneficios de la cosecha de caña en verde

- Disminuye la contaminación del medio ambiente
- Mejora la estructura del suelo y su fertilidad
- Prolonga la permanencia de humedad en el suelo
- Reduce la carga química por herbicidas
- Favorece las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo
- El residuo protege al suelo al tener un efecto amortiguador al paso de maquinaria
- Se reducen las pérdidas de sacarosa
- Fijación neta de CO₂

Melina
12
Ton
CO₂/Ha/año

Caña de
azúcar
23
Ton
CO₂/Ha/año

Pino
25.23
Ton
CO₂/Ha/año

Álamo
41.28
Ton
CO₂/Ha/año

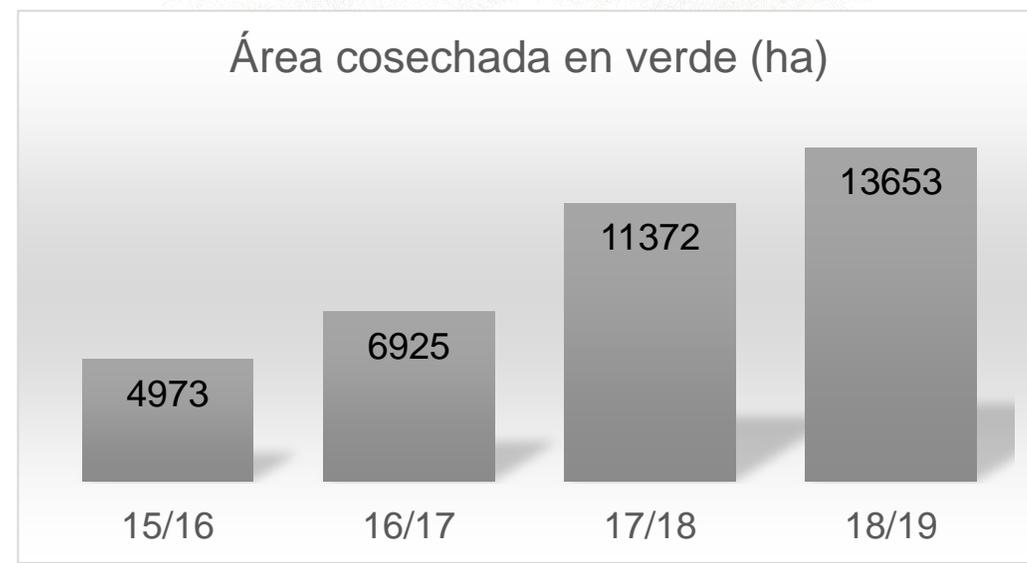
Eucalipto
43.58
Ton
CO₂/Ha/año

Fuente: (UNESA, 2005)

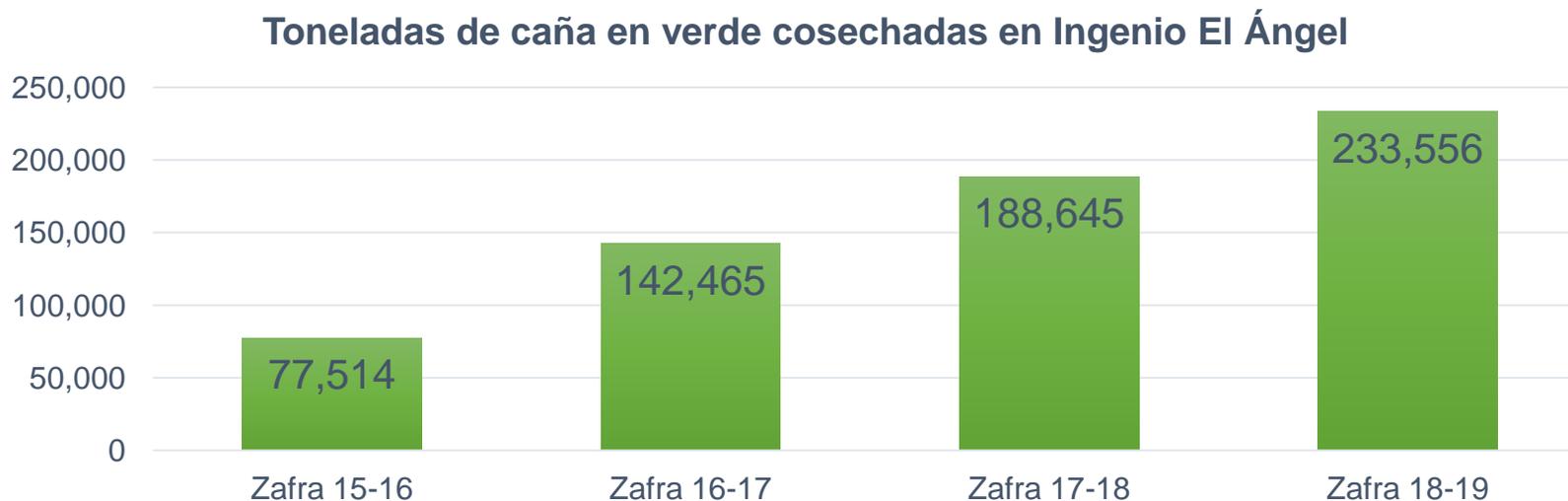




Histórico de hectáreas de caña de azúcar cosechadas en verde en el país, CONSAA



Histórico y proyección de cosecha en verde en Ingenio El Ángel



Los efectos que produce la quema de la caña sobre los ecosistemas, los medios de vida y la población cercana, llevaron a que el **MARN** y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (**MAG**) unieran esfuerzos para reducir esta práctica. De esta manera, en **julio de 2011** se **inició** un proceso de diálogo entre ambos Ministerios con el Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (**CONSAA**) y la **Asociación Azucarera Salvadoreña**. Entre ellos acordaron que para la zafra 2011-2012 se cortaran en crudo **1,750 hectáreas** en todo el país.

Fuente de Octubre, 2013: <http://www.marn.gob.sv/zafra-verde/>

Rendimientos y porcentajes de bajera

Tipo de caña	Área	Caña		Bajera aprovechable		Total Biomasa aprovechable	% de bajera
	Hectáreas	Total ton	ton/ha	Total ton	ton/ha		
Caña quemada	141.49	12,206.55	86.27	1,281.08	9.05	13,487.63	9.50%
Caña verde picada	26.10	2,578.34	98.78	290.49	11.13	2,868.83	10.13%
	167.59	14,784.89	92.53	1,571.57	10.09	16,356.46	9.81%



Producción de Biomasa por Variedad

Resultados Programa Fertilización, J. C. Rivera, 2019

Variedad	Producción (ton)			Peso de hojas por tallo (lb)		
	Tallo	Hoja	Total	Verde	Seca	Total
CP 72-2086	84.37	29.54	113.91	0.56	0.25	0.81
CP 73-1547	114.42	33.20	147.62	0.43	0.25	0.68
CP 88-1165	99.91	37.51	137.41	0.56	0.25	0.81
CP 89-2143	107.45	43.60	151.04	0.56	0.15	0.71
Variedad	Producción (%)			Peso de hojas por tallo (%)		
	Tallo	Hoja		Verde	Seca	
CP 72-2086	74.07	25.93		68.77	31.23	
CP 73-1547	77.51	22.49		63.00	37.00	
CP 88-1165	72.71	27.29		69.14	30.86	
CP 89-2143	71.14	28.86		78.87	21.13	



Provisión de RAC para cogeneración de energía eléctrica

Composición química y poder calorífico de bajera



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA DE
HIDROCARBUROS Y BIOMASA
Calle El Lirio # 19, Colonia Maquilishuat, San Salvador, El Salvador
Tel: 2264 - 3210, Ext. 111

CERTIFICADO DE RESULTADOS

Número de Registro: 33 - 0114 - 1 San Salvador 21 de Febrero de 2014

Industria:
INGENIO EL ÁNGEL S.A. DE C.V.

Estimados señores:
Presente.

Es un placer brindarle la información sobre el resultado obtenido en los análisis realizados a las muestras proporcionadas por usted a este laboratorio el día 28 de Enero de 2014:

MUESTRA	NÚMERO DE REGISTRO	IDENTIFICACIÓN DADA POR EL CLIENTE	CONDICIONES DE LA MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTREO
1	82-AD1078-B01	Bajera	Proporcionada por el cliente.	N/A

Resultados:

MUESTRA	CONDICIÓN DE LA MUESTRAS	ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS
Bajera	Base Seca H=7.6%	Humedad	N/A	7.6%
		Poder Calorífico	Adiabático	16,370 J/g 7,038 BTU/lb
		Nitrógeno (N)	MACRO KJELDHAL	0.5%
		Cenizas	Análisis a 800 C	13.96%
		Azufre (S)	Gravimétrico	0.13%
		Fosforo (P)	Espectrofotometría visible	0.0561%
		Potasio (K)	Absorción atómica	0.62%
		Calcio (Ca)	Absorción atómica	0.36%
		Magnesio (Mg)	Absorción atómica	0.0893%
		Materia Orgánica	N/A	78.44 g/100 gr de muestra
		pH	Phi-metro	5.93

Se hace constar que los resultados proporcionados en la parte superior de este documento, cumple con todos los métodos establecidos de ensayo.

Ing. Samuel Hernández
Jefe de Laboratorio

Ing. Tomas Alias
Gestor de Calidad

Cualquier reclamo o consulta se atenderá en los próximos días. No es válido sin el número de registro. Este informe no se puede reproducir en forma parcial, solamente en forma total.

Página 1 de 1

Resultados:

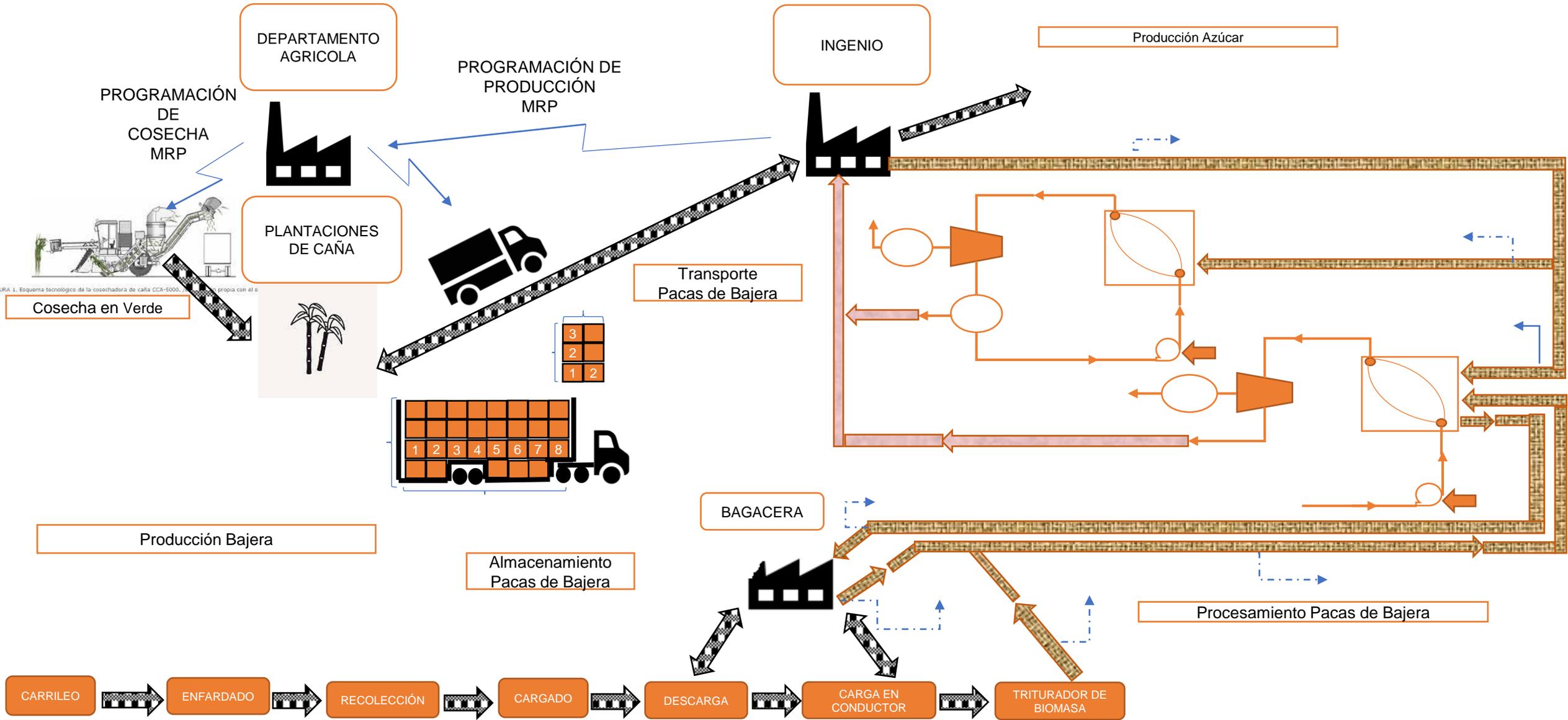
MUESTRA	CONDICIÓN DE LA MUESTRAS	ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS
Bajera	Base Seca H=7.6%	Humedad	N/A	7.6%
		Poder Calorífico	Adiabático	16,370 J/g 7,038 BTU/lb
		Nitrógeno (N)	MACRO KJELDHAL	0.5%
		Cenizas	Análisis a 800 C	13.96%
		Azufre (S)	Gravimétrico	0.13%
		Fosforo (P)	Espectrofotometría visible	0.0561%
		Potasio (K)	Absorción atómica	0.62%
		Calcio (Ca)	Absorción atómica	0.36%
		Magnesio (Mg)	Absorción atómica	0.0893%
		Materia Orgánica	N/A	78.44 g/100 gr de muestra
		pH	Phi-metro	5.93

Fuente: Carvajal, 2006

Material	Ceniza (%)	BTU/lb
Cogollo	7.13	7,704.90
Hoja verde	9.75	7,285.40
Hoja seca	1.59	7,233.50

CADENA DE VALOR

Proceso de Cogeneración con Bajera (F. Taura, 2019)





COSECHA



CARRILEO



ENFARDADO



DESALOJO



TRANSPORTE



ACOPIO



PICADORA



CALDERA

Etapas del proceso en Ingenio El Ángel

Cosecha en verde

- Plan de trabajo
- Supervisión de campo
- Mediciones de eficiencia
- Secuencia de labores



Carrileo de bajera



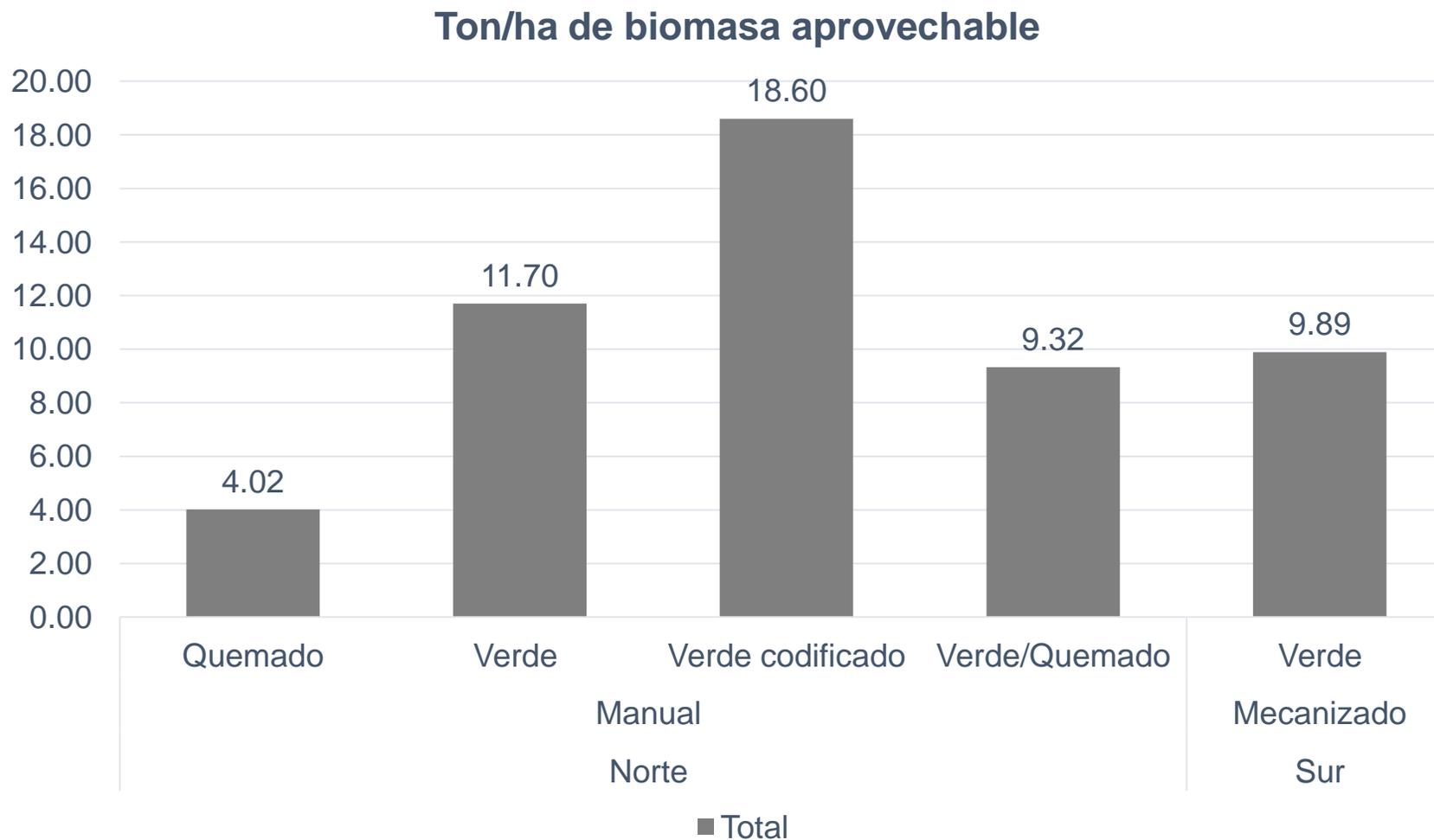
Enfardado

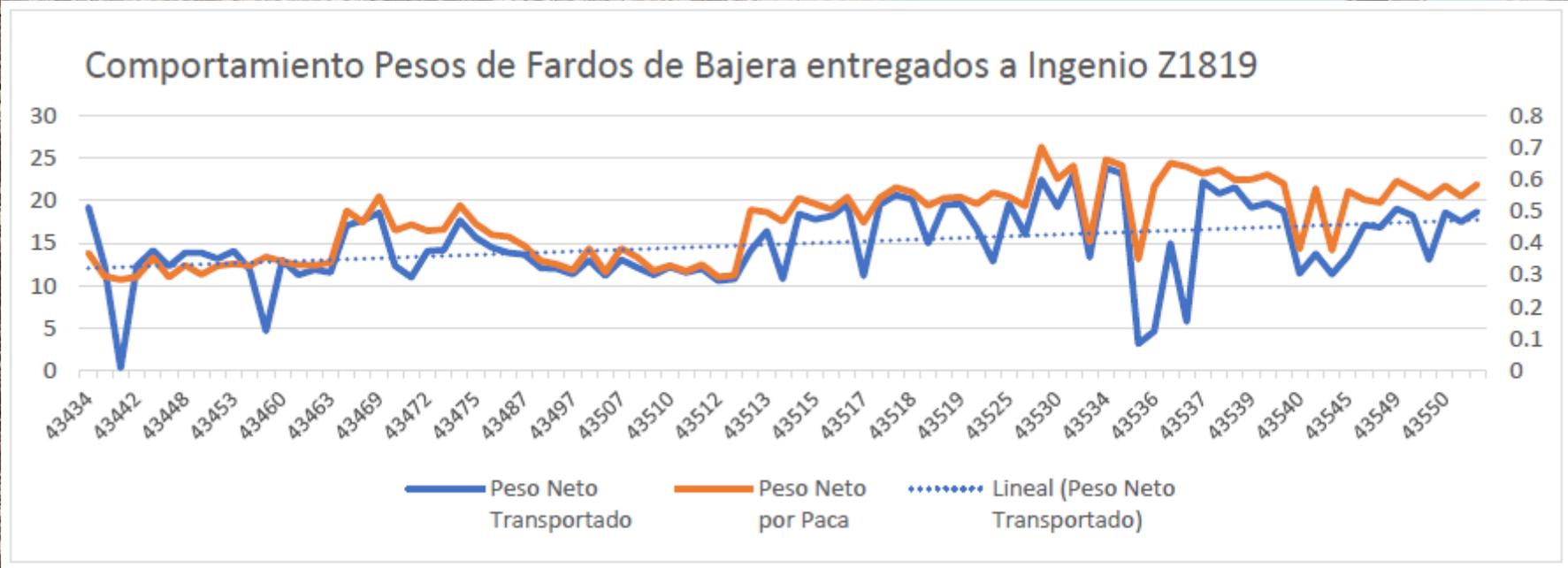
Dimensiones fardo (m)

	Ø	Largo
	0.80	1.80
		1.17



Producción de Biomasa aprovechable por modalidad de corte en verde





Desalojo del campo y transporte



GEL



Acopio y picado

Conclusiones

- El 70% de los residuos en el campo es la cantidad ideal aprovechable para enfardar, permitiendo dejar cobertura sobre el suelo y reducir presencia de arcilla en el material enviado a fábrica.
- El contenido de humedad del material debe ser menor a 15% para entregar a fábrica; se logra un mayor poder calorífico del residuo.
- Calibrar la enfardadora de forma recurrente permite garantizar una mejor densidad de fardos producidos, alcanzando pesos de 0.6 ton por fardo.
- Distancias mayores a 75 km desde ingenio elevan los costos por transportación hasta un 50% más por cada unidad.
- Variedades tempraneras en cosecha verde en su tercio adecuado permite incrementar un 16% de biomasa adicional.

Recomendaciones

- Los operadores deben estar capacitados y equipados durante toda la operación con el propósito de corregir las dificultades que limiten la producción constante.
- Identificar y trabajar en áreas de cosecha en verde cercanas a Ingenio para reducir costos de producción y volver más eficiente el abastecimiento.
- Mantener un trabajo integral en el que participen otras áreas de producción permitirá cumplir con la secuencia de labores del cultivo.
- Disponer de un área para almacenamiento accesible y seguro para para cubrir la demanda diaria en Calderas.
- Plataformas de transporte pueden ser modificadas según disposiciones del VMT o gestionando permisos especiales para contar con dimensiones máximas permitidas, logrando transportar más peso por viaje.
- El mejoramiento de la eficiencia de operación estará dada en la medida en que se adecuen equipos más robustos y de mayor capacidad en todos los procesos del proyecto; priorizando trituradora en fábrica.
- Pacas rectangulares sería la alternativa más viable para la transportación de más peso por viaje, dimensiones recomendadas: 1.25-2.6m de largo, 0.9m alto y 0.8m de ancho.



Gracias por su
atención



Grupo EL ÁNGEL

Somos más que azúcar

AZÚCAR • ENERGÍA • INNOVACIÓN AGRÍCOLA • INMOBILIARIA