Manual de cálculos para el diseño de plantas de faena avícolas

Elbio Miguel Woeffray

EDUNER

580 Woeffray, Elbio Miguel
CDD Manual de cálculos para el diseño de plantas de faena avícolas /
Elbio Miguel Woeffray.
- 1a ed . - Paraná : Universidad Nacional de Entre Ríos.
UNER, 2019.
94 p. ; 24 x 17 cm. - (Cátedra)

ISBN 978-950-698-458-8

1. Aves. 2. Planta. 3. Producción. I. Título.

Coordinación de la edición: Gustavo Esteban Martínez
Corrección: María Candela Suárez
Diseño de interior y tapas: Gabriela Resett
Foto de tapa: Sin título. Gabriela Resett, 2019.

© Elbio Miguel Woeffray

© EDUNER. Editorial de la Universidad Nacional de Entre Ríos.
Entre Ríos, Argentina, 2019.

Andrés Pazos 406 (E3100FHJ), Paraná, Entre Ríos, Argentina
eduner@uner.edu.ar
www.eduner.uner.edu.ar

Facultad de Ciencias de la Alimentación, Resolución C.D. N.º 423/16

Aunque la información y datos de este libro han sido revisados y actualizados son materia de continua actualización y pueden existir cambios. El autor y la editorial no son responsables de ninguna pérdida o daño derivado de los contenidos de la publicación, que solo pretende ser material para el estudio y no pretende reemplazar la intervención de los profesionales correspondientes.

Editado e impreso en Argentina

Queda hecho el depósito que marca la ley 11 723.
No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes 11 723 y 25 446.

Capítulo 1

Definiciones generales

En este Manual se entenderá por «planta de faena avícola» al establecimiento dedicado a la faena de aves obtenidas por crianza, tanto doméstica como industrial, y destinadas a producir carne para consumo humano.

Clasificación de las plantas de faena avícola
En función de su tecnología:

- Manuales: las operaciones de evisceración son efectuadas manualmente.
- Automáticas: cuando al menos las operaciones de evisceración son realizadas con máquinas.

En función de su velocidad:

- Pequeñas: de hasta 3000 aves/hora.
- Medianas: de hasta 6000 aves/hora.
- Grandes: de más de 6000 aves/hora hasta 14 000 aves/hora por línea.

Figura 1. Faena manual de gallinas
Fuente: elaboración propia.

Criterios para la instalación de plantas de faena

Las plantas de faena avícolas son grandes consumidoras de recursos*			
	0,4 kWh energía eléctrica cada ave faenada por mes		2 personas cada 1000 aves faenadas en promedio
	20 L de agua por hora cada ave faenada		1 camión y acoplado cada 5000 aves
	0,150 m^3 de gas natural cada ave faenada		1 semirremolque refrigerado cada 25 t de aves faenadas

* Incluye subproductos de elaboración de harinas.

Por este motivo se aconseja su ubicación en:

- Zonas de fácil acceso.
- Con buena disponibilidad de agua.
- Con facilidades para el tratamiento y la evacuación de efluentes.
- Con energía eléctrica disponible y redes de gas natural.

Es importante saber que los factores que influyen en la localización industrial han sido agrupados de muchas maneras, pero en el fondo con la misma base conceptual.

Los factores básicos que gobiernan corrientemente la evaluación para la localización de fábricas son:

- Localización de materiales de producción.
- Mano de obra.
- Terrenos disponibles.
- Combustible industrial.
- Facilidad de transporte.
- Mercado.
- Facilidades de distribución.
- Energía.
- Agua.
- Condiciones de vida.
- Leyes y reglamentos.
- Estructura tributaria.
- Clima.

Ejemplo

Una planta de 100 000 pollos/día, de acuerdo a estos cálculos, y suponiendo una velocidad de faena de 10 000 pollos/hora, necesita:

- Una faena diaria de 10 horas (incluye una hora de descanso).
- Una faena mensual de 2 100 000 pollos × 0,4 kWh/ave faenada = 840 000 kWh mes.
- El consumo de agua estará en el orden de 20 L/ave × 10 000 pollos/hora = 200 000 L/hora.
- La cantidad de personal será: 2 × 100 = 200 personas (hay plantas con mayor eficiencia, con unas 150 personas para este nivel de faena; todo depende del nivel de automatización).

Características constructivas

Accesos y entorno natural

Los accesos deberán ser necesariamente consolidados y transitables en toda época del año. Lo ideal es que no desprendan polvo en épocas de seca ni formen barros en periodos lluviosos, por lo cual los pavimentos son los prescriptos. Las aéreas que no contengan edificios deberán preferentemente ser parquizados, de ser posible con especies de hojas perennes.

Las forestaciones ayudan a mejorar la imagen de la instalación y constituyen eficaces barreras contra vientos, dispersión de plumas y propagación de olores.

Figura 2. Planta en Polonia

Fuente: elaboración propia.

Desagües

Las plantas deberán poseer un sistema de desagües por debajo del piso destinado a dar salida a los líquidos provenientes del sector de faena, separados en función de los siguientes criterios:

a. Desagües grasos: aquellos que pueden transportar sustancias orgánicas con contenido de grasa, que necesitan ser tratadas como tal.

b. Desagües no grasos: aquellos que pueden transportar otro tipo de sustancias orgánicas e inorgánicas, pero con bajo o nulo contenido de grasas.

c. Desagües pluviales: aquellos destinados exclusivamente al transporte de agua de lluvia.

Los desagües deben estar aislados del sector de origen mediante un cierre tipo sifónico, a los efectos de no permitir el ingreso de alimañas y olores desde el exterior.

Figura 3. Cierre sifónico con tapa cribada

Fuente: elaboración propia.

Energía

La energía eléctrica necesaria para la instalación de una planta puede calcularse por la siguiente ecuación:

Energía necesaria = 0,4 kWh × ave faenada mes.

Ejemplo

Para una faena de 50 000 aves/día × 20 días faena = 1 000 000 aves/mes
1 000 000 aves/mes × 0,4 kWh ave faenada = 400 000 kWh/ mes será el consumo mensual
400 000 kWh/mes / 20 días/ 24 h = 830 kW
Se necesitará un transformador de 1000 kVA (se calcula con un coseno fi de 0,95 y se toma el valor comercial existente inmediatamente superior).
Este cálculo del equipo transformador debe ser corroborado mediante la suma de todos los consumos de la planta (motores, luces, etc.), al cual se le aplicará el correspondiente coeficiente de simultaneidad (habitualmente 0,7 para este tipo de plantas).

Agua

La cantidad de agua potable necesaria para el funcionamiento de una planta avícola se calcula empíricamente a razón de: 18 a 20 L/ave.

Algunas legislaciones, como la Argentina, establecen un mínimo de 20 L/ave.

La creciente búsqueda de la racionalidad en materia de ahorro de agua lleva a pensar que se podría, con adecuados procesos, utilizar menos. Es importante destacar que en este aspecto se está trabajando mucho en la reducción de su consumo por parte de esta industria, existiendo plantas en Alemania con consumos de agua de 6 L/ave.

Para verificar este número se puede razonar de la siguiente manera: los valores legislados para alcanzar condiciones de higiene en la faena son:

Descripción	litros/ ave
Renovación en escaldadores	0,5 L/ave
Renovación en duchadores, menudencias	1,0 L/ave
Renovación en chillers	2,5 L/ave
Total	4,0 L/ave

Si a esto le agregamos el agua de limpieza posfaena, que estimamos en 2 L/ave, hora, sumamos un total de 6 L/ave imprescindibles para lograr un faenamiento. El resto se consume en transporte, para lo cual es absolutamente necesario hacer una reingeniería de dichos sistemas.

Potabilidad

El agua debe ser potable en función de lo establecido por el *Codex Alimentarius.*

Cloración

A los efectos de garantizar la inocuidad de los alimentos, el agua debe ser microbiológicamente neutra, por lo cual se adiciona cloro. El límite máximo de cloro en agua potable varía según las legislaciones, pero usualmente es menor de 1 ppm de cloro libre por litro de agua.

Pisos

Los pisos de la planta deben ser lisos, impermeables, antiácidos, y de fácil escurrido y limpieza.

En algunas legislaciones se utilizaba el criterio de altas pendientes, V.G 2 por ciento para facilitar el escurrido hacia los desagües, pero se ha visto que es ineficaz, ya que luego dificulta la instalación de máquinas y lo hace muy peligroso para el tránsito de personas y equipos.

Materiales utilizados

Los materiales más utilizados para la construcción de pisos son:

- Mortero cementicio duro con endurecedor superficial no metálico, de buena duración, bajo costo y vida útil relativa.
- Mortero cementecio duro con terminación de resina epoxídica, de muy buena apariencia, antiácido, de costo alto, vida útil relativa.
- Mortero cementicio duro con terminación de poliuretano, de muy buena apariencia, antiácido, alto costo, vida útil intermedia a larga, dependiendo del cuidado.
- Mortero cementicio pobre con cubierta de cerámicas mono cocción, separadas por juntas de poliuretano, piso de muy buena apariencia, alto costo y vida útil extremadamente larga.

Un detalle importante es la conformación de los pisos en la zona de cámaras y túneles fríos, donde debe aislarse por debajo de dicho mortero, con la colocación de una barrera de vapor de agua y un sistema de calefacción del piso por debajo de dicha aislación; todo esto para evitar el congelamiento.

Actualmente se popularizaron baldosas cerámicas monococción de 10 y 20 mm de espesor. Se colocan directamente sobre el cemento, con juntas de polieuretano; tienen buena aceptación y vida útil extremadamente larga.

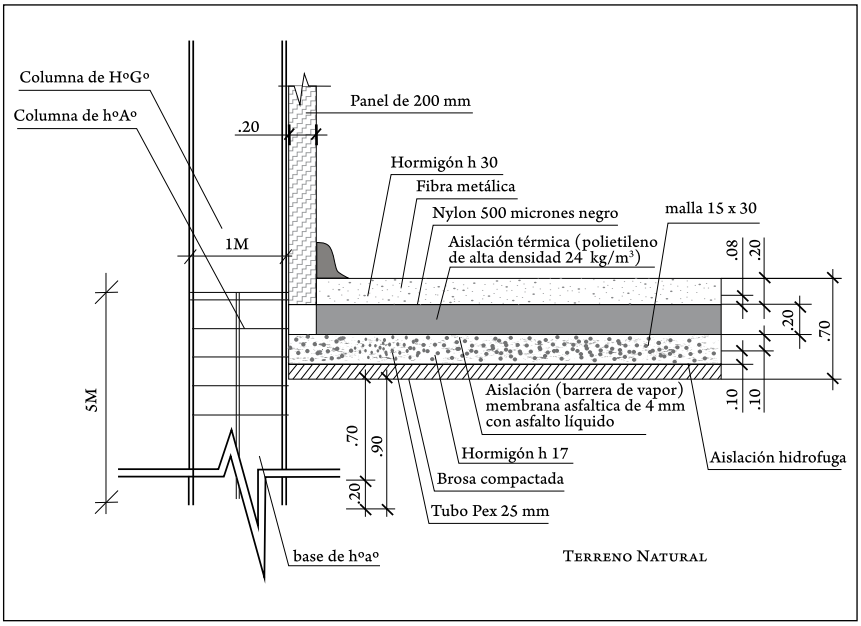

Figura 4. Detalle de piso de cámara fría

Fuente: elaboración propia.

Paredes y cielorrasos

Las paredes deben ser de materiales livianos, de fácil remoción, ya que esta es frecuente a causa de las ampliaciones.

En ese sentido lo que más se acerca a tal fin son los paneles autoportantes de espumas de poliestireno de alta densidad, revestidos de ambos lados por chapas metálicas galvanizadas pintadas o por placas de PRFV. Los valores usuales de espesor son de 100 mm.

La espuma de poliuretano, si bien es de uso frecuente, posee el inconveniente que ante un incendio libera gases tóxicos.

El sistema constructivo se completa con cielorrasos del mismo espesor y material.

Para darle un acabado sanitario se utilizan zócalos redondeados en los encuentros de las paredes con el techo y el cielorraso.

Figuras 5 y 6. Salas con paneles frigoríficos

Fuente: elaboración propia.

Techos

La estructura portante para el sostenimiento de la cubierta debe ser lo suficientemente fuerte para ese fin y, además, estar calculada para sostener instalaciones y equipos que van a ir sobre el cielorraso.

Lo usual es utilizar estructuras metálicas autoportantes que soporten holgadamente los vientos máximos de la región.

La cubierta se estila de chapa galvanizada. También pueden utilizarse estructuras de hormigón premoldeado. Es importante que quede una cámara de aire de unos dos a tres metros por encima del cielorraso y por debajo del techo para aislación térmica.

Ventilación

Las plantas de faena requieren de ventilación por dos motivos:

- La evacuación de los vapores que se generan en los distintos sectores.
- La necesidad de renovar el aire en aquellas zonas donde hay personas trabajando.

La ventilación puede ser de dos tipos:

- Natural, mediante aberturas cenitales en las paredes, las que deberán estar dotadas de mallas anti-insectos y sistemas de apertura y cierre manual.
- Mecánica, con el uso de equipos de acondicionamiento de aire que inyecten en las distintas zonas aire en diferentes condiciones de temperatura y humedad.

Renovación de aire en sectores con gente trabajando. En dichos lugares se requiere de un mínimo de 5 (cinco) renovaciones de aire por hora.

Evacuación de olores y vapores

En los sectores donde se generen olores, como el eviscerado, la renovación de aire deberá aumentarse hasta valores de 30 renovaciones/hora.

Refrigeración y acondicionamiento interior

Legalmente los sectores de manipuleo de carne fresca, empaque, trozado y elaboraciones posteriores, deben estar refrigerados a 10 °C.

La humedad en estas salas oscila entre 90 % y 95 %. La cantidad de calor a extraer en estos casos puede estimarse en una media de 50 kcal/m^3h.

Uno de los problemas críticos de acondicionamiento del aire en planta es el que ocurre durante la limpieza posfaena.

Mediciones realizadas muestran que al fin de los trabajos de limpieza el ambiente dentro de la planta ronda una HR del 100 % y una temperatura de 24 °C en verano y unos 18 °C en invierno.

Un problema serio es la cantidad de agua que se condensa sobre la superficie de las paredes y techo. Medidas realizadas en una planta en operación dan valores superiores a 12 ml/m^2 de agua condensada sobre los paneles.

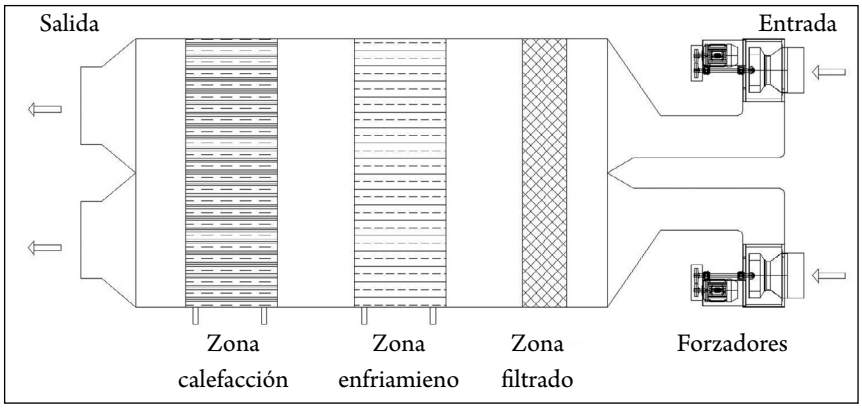

Figura 7. Esquema central de tratamiento

Fuente: elaboración propia.

Las condiciones del aire externo son:

Med. Invierno			Med. Verano		
T amb	8	°C	T amb	24	°C
HR	90 %		HR	90 %	

De Diagrama

Tbh	7,2	°C	Tbh	22,7	°C
PR	6,5	°C	PR	22,3	°C
HA	0,006	kg.a./kg.a.s.	HA	0,017	kg.a./kg.a.s.
H	23,1	kJ/kg.a.s.	H	67,2	kJ/kg.a.s.
v. e.	0,8	m^3/kg	v. e.	0,86	m^3/kg

Las condiciones para el aire al ingreso serían:

T aire	23	°C	T aire	34	°C
HA	0,006	kg.a./kg.a.s.	HA	0,017	kg.a./kg.a.s.

Analizando el diagrama psicométrico:

HR	35 %		HR	50 %	
Tbh	13,7	°C	Tbh	25,2	°C
PR	6,7	°C	PR	22,1	°C
H	38,6	kJ/kg.a.s.	H	77,2	kJ/kg.a.s.
v. e.	0,85	m^3/kg	v. e.	0,89	m^3/kg

La diferencia de entalpía:

	15,5	kJ/kg.a.s.	SE	10	kJ/kg.a.s.
	3,71	kcal/kg.a.s.		2,39	kcal/kg.a.s.

Con evaporación adiabática:

H	38,6	kJ/kg.a.s.	H	77,2	kJ/kg.a.s.
Tsal	18,5	°C	Tsal	29	°C
Tbh	13,8	°C	Tbh	25,3	°C
PR	10,6	°C	PR	24,1	°C
v. e.	0,84	m^3/kg	v. e.	0,88	m^3/kg
HA	0,008	kg.a./kg.a.s.	HA	0,019	kg.a./kg.a.s.

Agua extraída:

m.ag	0,002	kg.a./kg.a.s.	m.ag	0,002	kg.a./kg.a.s.

Volumen de aire necesario:

Q =	360	kr.ag/hora

V	151 200	m^3/h

Renovaciones por hora:

Ren	31.24	por hora

Lo que corrobora lo expresado por el texto, sobre valores de 30 renovaciones/hora como indicados.
Diagrama de transformaciones:

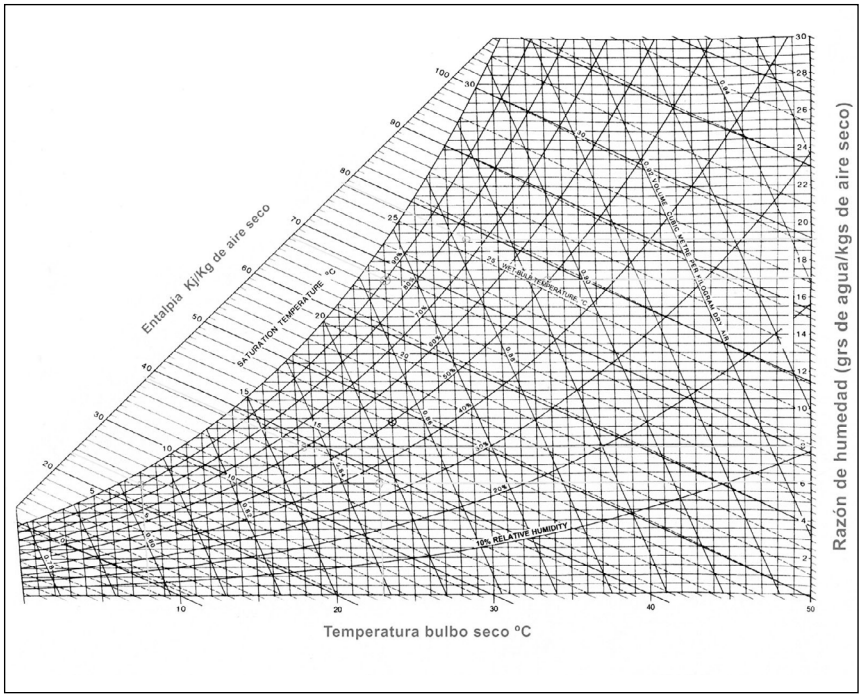

Figura 8. Tabla Psicométrica a nivel del mar. Presión de 1 atmósfera
Fuente: elaboración propia.

Los ventiladores

Q =	150 000	m^3/h	Q =	2500	m^3/min

Capacidad de calefacción necesaria máxima

C =	662 166,8	kcal/h

T1	14	°C	HR	80	%
h1	34,2	kJ/kg.a.s.	v. e.	0,83	m^3/kg
Instalando	120 000	kcal/h	Vol. total	50 000	m^3/h
m.a.s.	60 241	kg.a.s./h	Dif H	8,32656	kJ/kg.a.s.
Dif H	1,992	kcal/kg. a.s.	HR	100	%
h2	25,87344	kJ/kg.a.s.	T2	8	°C

Caudal de los impulsores

Q =	*150 000*	*m^3/h*	Q =	*2500*	*m^3/min*

De una tabla comercial podemos adoptar.

- 3 ventiladores centrífugos con motores de 50 CV (37 kW) que desplazan 50 000 m^3/h
- Diámetro turbina 927 mm, boca de salida 0,712 m^2, presión descarga 150 mm H^2O.

Tabla 1. Dimensionando conducto rectangular

Área salida ventilador	0,712 m^2
Predimensionamiento salida total	At = 2136 m^2 Adoptamos: 2,5 m^2
Sección rectangular	100 cm × 250 cm 40" × 100"
Sección circular equivalente paracálculo	Diámetro: 60" 150 cm (para igual perdida carga)
Caudal	88 235 cfm
Velocidad en ducto	4750 Ft/min = 24 m/seg
Pérdida de carga por fricción	0,35 in/100 Ft 0,889 cm/100 ft 0,29 mm/m

Fuente: elaboración propia.

Verificación de la condensación superficial
(Según la Norma en ISO 13 788: 2002)

Según esta norma el espacio considerado constituye algo similar a una clase de Higrometría 5 según lo establece la norma señalada para este factor de utilización: «espacios en los que se prevé una gran producción de humedad, lavanderías, piscinas, etc.»

Para clase de Higrometría 5 y una zona el factor superficial mínimo de temperatura debería considerarse 0,8 fsim= fsimin – te / 20 – te (fsim factor superficial mínimo, te = temperatura exterior más desfavorable).

Estimamos para invierno: ti = 10 °C. En operación HR 50 % humedad interior = fi int = 50 + 0,05 = 0,55
pwi (presión parcial de vapor interior) = 2,337 × 0,55 = 1,285 pascales

La presión de vapor de saturación será
pwis (presión parcial de vapor interior de saturación) = pwi/0,8 (higrometría 5, condición climática E)
pwis= 1,235/0,8 = 1,606 pascales

La temperatura superficial interior mínima=
tsimin = 237,3 ln (pwis /610,5)/ 17,269 ln (pwis/610,5) = 14 °C
el factor de temperatura superficial del cielorraso para que no haya condensación
fsi = fsi – te/20 – te = 14 – 8,8/20 – 8,8 = 0,47
si imponemos la condición de que el factor superficial coincida con el mínimo
fsi_= fsimin
fis= 1 – 0,25 U (coeficiente global de superficie del cielorraso en W/m^2K)
1 – 0,25 U = 0,47
U= 2,11 W (m^2K)

Hay que verificar esto con la cantidad de frío y los m^2 de cielorraso.
Verificación de las renovaciones de aire.
Condiciones del local
ti= 10 °C HR 0,55 %
te= 8,8 °C HR 73 %

Presiones de saturación de vapor
pwis= 1,228 pascales
pwes = 1,122 pascales

Las presiones de vapor corregidas
pwi = 1,228 × 0,55 = 0,675 pascales
pwe = 1,122 × 0,73 = 0,81 pascales
la producción de vapor:
G en kg/h
n= G × Rw/V × (1 / (pwi/Ti – pwe/Te)
donde
G = producción de vapor en kg/h
Rw = constante específica del agua = 462 joules/kg/K
V = volumen del local en m^3
Ti y Te, son temperatura interior y exterior en grados Kelvin.

si Ti = 10 + 273 = 283
Te = 8,8 + 273 = 281,8 grados Kelvin

Verifica según Norma Iso 13 788: 2002.