

como la fase de cópula. Los recintos para el apareamiento cuentan con vasos de plástico grandes donde los reproductores depositan su puesta. Cuando en el vaso hay unas seis u ocho puestas se traslada a la sala de incubación-adaptación. Tras dos meses en este recinto los alevines, ya adaptados a las condiciones ecológicas del invernadero, son llevados a este recinto. Previamente, durante la fase inicial del crecimiento de los alevines, el terreno de los parques de engorde es preparado para el establecimiento de la próxima generación.

A partir de este momento los caracoles pasan unos tres-cuatro meses en el recinto hasta que son preparados para su venta. A finales del periodo de engorde los caracoles más aptos son seleccionados como reproductores para el próximo año. Por un tema de funcionalidad y supervivencia de los propios reproductores, los reproductores seleccionados en cada ciclo no formarán la siguiente generación del mismo ciclo. Los reproductores están hibernando hasta el momento de llevarlos a la sala de maternidad y sí formaran la siguiente generación del mismo ciclo pasarían seis meses hibernando, esto produciría un aumento en la mortalidad de los reproductores y una pérdida de peso en los supervivientes demasiado elevada.

Para superar este escollo, los reproductores seleccionados para cada ciclo serán los del ciclo posterior. Es decir, por ejemplo en el ciclo 2 (mayo-septiembre) los reproductores son recogidos a finales de agosto y hasta mayo del próximo año pasarían seis meses en cambio si para el ciclo 2 del siguiente año se utilizan los reproductores seleccionados en el ciclo 3 pasarán hibernando cuatro meses.

El periodo óptimo de hibernación es de cuatro o cinco meses, tiempo justo para que el caracol descanse y se prepare para la reproducción, de igual forma que lo hace en el medio natural, y se produzca el menor número de bajas que en estas condiciones será de un 20 %.

Cuando el caracol ya está preparado para su venta es recogido diariamente y es llevado a la sala recogidas, aquí los caracoles se mantienen cinco días en ayuno y bajo ventilación artificial para que se purguen y operculen, quedando listos para su venta.

En los sistemas productivos intensivos la limpieza es un aspecto fundamental por lo que tras la utilización de las diversas salas están serán limpiadas y desinfectadas. En el diagrama de procesos descrito en la tabla inferior, la limpieza dura dos semanas pero a la hora de la verdad únicamente dura un día.

Finalmente, en la tabla 3 se puede observar como quedan distribuidos los ciclos a lo largo del año.

FASES	MES 1		MES 2		MES 3		MES 4		MES 5		MES 6		MES 7		MES 8	
	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30
Cópula																
Incubación-adaptación																
Preparación del terreno																
Engorde																
Selección de reproductores*																
Recogida																
Venta																
Limpieza																

Tabla 2. Fases del proceso productivo de cada ciclo.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ciclo 1	REPROD.	REPROD.	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE					
Ciclo 2			REPROD.	REPROD.	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE			
Ciclo 3					REPROD.	REPROD.	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	
Ciclo 4	ENGORDE						REPROD.	REPROD.	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE
Ciclo 5	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE						REPROD.	REPROD.	ENGORDE	ENGORDE
Ciclo 6	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE	ENGORDE						REPROD.	REPROD.

Tabla 3. Distribución de los ciclos productivos a lo largo del año.

2. GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

El manejo de la explotación es muy sencillo y no presenta dificultades especiales. Esta actividad no requiere de mano de obra cualificada y los conocimientos se adquieren con la experiencia. Ahora bien, pese a que no son tareas difíciles sí que se deben hacer con constancia y minuciosidad.

Un criador de caracoles debe realizar todas las operaciones relacionadas con la manipulación de los animales (movimiento por las salas de dentro de la explotación, retirada animales muertos, recolección, etc) pero también las operaciones de mantenimiento (control de parámetros ambientales, limpieza, alimentación, etc) y de selección, tanto de venta como de reproductores.

A continuación se describen las tareas más importantes y específicas en una explotación helicícola.

2.1 Programa de climatización

La climatización de los diversos recintos está controlada por sensores y autoregulada mediante un programa computacional.

En la primera tabla, tabla 4, se observan los distintos sensores de los que dispone la explotación a fin de mantener las condiciones más idóneas para la cría del caracol en sus distintas salas.

A continuación, en la segunda tabla, tabla 5, se muestran los rangos de temperatura y humedad y fotoperiodo para las diversas salas o recintos de la explotación, completando así la tabla anterior. Los datos que se ofrecen en esta tabla están basados en los datos recogidos en la tabla 1 pero con rangos reales y no óptimos como se muestra en esa tabla.

Sensor	Función	Utilidad	Rango de funcionamiento
Anemómetro	Medir el viento	- Apertura/cierre de ventanas	- $T^{\circ} > 25^{\circ}\text{C}$ - viento fresco - viento moderado
		- Colocar/retirar malla de sombreo	- Fotoperiodo diurno - $T^{\circ} > 25^{\circ}\text{C}$ - Viento moderado
Termómetro	Medir temperatura	- Encender/apagar sistema climatizador	- Depende de salas (se describe bajo)
Detector crepuscular	Detectar la ausencia de luz	- Encender/apagar la luz de las salas	- Nocturno
Higrómetro	Medir humedad ambiental	- Encender/apagar sistema climatizador	- Depende de salas (tabla 5)
		- Encender/apagar micronebulización	- Fotoperiodo nocturno - H ^o depende de las salas (tabla 5)
Piranómetro	Medir la radiación solar	- Colocar/retirar malla de sombreo	- $G > 4 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$
Pluviómetro	Detector de lluvia	- Apertura y cierre de ventanas - Retirada de la malla de sombreo	- Continuo

Tabla 4. Sensores utilizados en la explotación.

De la tabla anterior se destacan dos parámetros climatológicos que determinan la funcionalidad de los sistemas de climatización. Tanto la apertura de las ventanas como la colocación o retirada de la malla de sombreado dependen de aspectos tan variables como la velocidad del viento o la radiación. Además de estos factores hay como la temperatura o la humedad que son característicos de cada recinto por lo que se valoran en la climatización de cada uno de los recintos. Por último hay un detector crepuscular con el que se mantendrá el fotoperiodo marcado en la tabla 5 y un pluviómetro para cerrar las ventanas y retirar la malla de sombreado en caso de lluvia.

- Velocidad del viento

El anemómetro marcará la apertura y cierre de las ventanas. Como se ve en el rango de funcionamiento estos rangos serán los que mantendrán las ventanas abiertas ahora bien la fuerza del viento es el factor determinante. Con vientos débiles se abrirán las ventanas de los dos lados, con viento moderado dependerá de la calor y se abrirán los dos lados si hace mucho calor pero si no es así se recomienda cerrar total o parcialmente la ventana que está de cara al viento y si el viento es fuerte las ventanas se mantendrán cerradas salvo temperaturas extremas. De la misma forma, a partir de vientos moderados/fuertes la malla de sombreado será retirada para evitar posibles roturas.

- Radiación solar

La radiación solar merece un punto a parte ya que es uno de los factores más determinantes para la cría del caracol en cautividad. Los caracoles son de costumbres nocturnas y por lo tanto no les gusta el sol. Pese a que es necesario para el óptimo crecimiento de los caracoles se asigna un máximo de $4 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$ a partir de los cuales se colocará la malla de sombreado aunque posiblemente muchas de las veces.

La radiación solar sufre ciertas transformaciones al incidir sobre la atmósfera, esto provoca que sea recibida de diversas formas.

- Radiación directa: Recibida directamente del sol sin sufrir ninguna dispersión atmosférica.
- Radiación difusa: Recibida del sol pero desviada por la atmósfera, por ejemplo desviada por las nubes.
- Radiación terrestre: Proviene indirectamente de los objetos como paredes o charcos.

La suma de estas tres radiaciones da lugar a la radiación total y es la radiación que se recibe en la superficie terrestre.

Para expresar la potencia solar y en general cualquier radiación se utiliza el término de irradiación, el cual se representa con el símbolo G. Según fuentes de Aemet y como se puede ver en la figura 1, la provincia de Castellón recibe una irradiación total media de 4.76 kWh*m⁻²*día⁻¹. Con máximos de 7.48 kWh*m⁻²*día⁻¹ en el mes de Junio y mínimos de 2.08 kWh*m⁻²*día⁻¹ en diciembre.

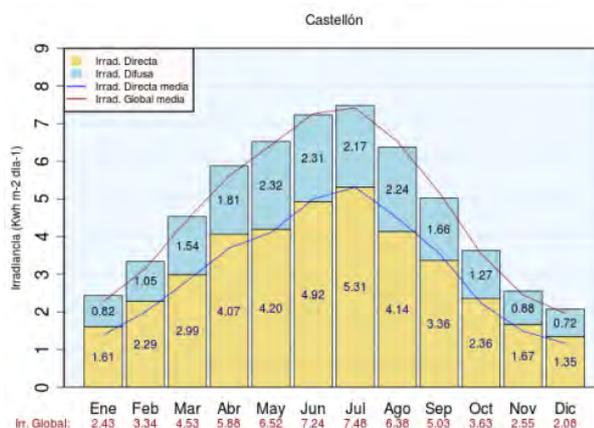


Fig. 1. Valores de irradiación.
Fuente: aemet

Recintos		Fase diurna	Fase nocturna
Maternidad	Temperatura (°C)	18-22	15-19
	H.R. (%)	65-90	85-100
	Fotoperiodo	18	6
Incubación-adaptación	Temperatura (°C)	21	21
	H.R. (%)	85-95	85-95
	Fotoperiodo	0-12	24-12
Engorde	Temperatura (°C)	12-30	12-25
	H.R. (%)	60-85	80-95
	Fotoperiodo	10-14	10-14

Tabla 5. Condiciones climáticas de los recintos productivos de la explotación.
Fuente: Fuente: Guía de prácticas correctas de higiene. Helicicultura (modificado)

La tabla 5 es de vital importancia ya que resume las condiciones en las que vivirán los caracoles en la explotación. Estos valores están basados en las necesidades del caracol aunadas con las condiciones del medio y los requerimientos económicos que se necesitan para aportar estas condiciones.

Por ello, a continuación (tabla 6-8) se muestra el salto térmico real que los sistemas de calefacción y refrigeración deben corregir en cada una de las salas y en cada uno de los ciclos.

Por suerte, las salas con mayores saltos térmicos son las salas más pequeñas y por lo tanto el coste de calentar estas salas será menor. En invernadero, en condiciones normales, se mantendrá sin aclimatar durante el día aunque sí que se deberá subir la temperatura durante la noche en gran parte de los ciclos.

	MATERNIDAD					
	Temperatura necesaria		Temperatura exterior		Salto térmico	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
ciclo 1	18-22	15-19	15,5	6	+2,5	+9
ciclo 2	18-22	15-19	18,5	8,5	0	+6,5
ciclo 3	18-22	15-19	23,5	13,5	-1,5	+1,5
ciclo 4	18-22	15-19	30	20,5	-8	-1,5
ciclo 5	18-22	15-19	27,5	18	-5,5	0
ciclo 6	18-22	15-19	19	10	0	+5

Tabla 6. Salto térmico real en la sala de Maternidad. Fuente: A partir de la Guía de prácticas correctas de higiene. Helicicultura

En la tabla anterior, tabla 6, se estudia el salto térmico que se debe salvar en la sala de maternidad. Las peores condiciones son durante el ciclo 1 y el 4. En el ciclo 1 la reproducción se da en enero por lo que las temperaturas externas están muy por debajo de las necesidades y en el ciclo 4 la reproducción se da en julio y sucede justo lo contrario, la temperatura es excesivamente alta y debe reducirse de forma drástica.

	INCUBACIÓN-ADAPTACIÓN					
	Temperatura necesaria		Temperatura exterior		Salto térmico	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
ciclo 1	21	21	15,5	6	+5,5	+15
ciclo 2	21	21	19,5	9,5	+1,5	+11,5
ciclo 3	21	21	23,5	15,5	-4,5	+5,5
ciclo 4	21	21	30	20,5	-9	+0,5
ciclo 5	21	21	25,5	16	-4,5	+5
ciclo 6	21	21	17,5	8,5	+3,5	+12,5

Tabla 7. Salto térmico real en la sala de Incubación-adaptación. Fuente: A partir de la Guía de prácticas correctas de higiene. Helicicultura

En la tabla 7 se muestran las condiciones externas y el salto térmico de cada ciclo para la fase de incubación-adaptación. Esta sala debe salvar las temperaturas más extremas incluso se deben salvar 15 grados durante la incubación del ciclo 1, mes de enero. El ciclo con temperaturas externas más altas es de nuevo el ciclo 4 y se deberá disminuir su temperatura en casi 10 grados.

	ENGORDE					
	Temperatura necesaria		Temperatura exterior		Salto térmico	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
ciclo 1	12-30	12-25	18,5-30	8,5-20,5	0	+4.5
ciclo 2	12-30	12-25	23,5-30,5	13,5-21	-0.5	0
ciclo 3	12-30	12-25	19-30,5	10-21	-0.5	+2
ciclo 4	12-30	12-25	15,5-27,5	6-18	0	+6
ciclo 5	12-30	12-25	15,5-19	6-10	0	+6
ciclo 6	12-30	12-25	15,5-23,5	6-13	0	+6

Tabla 8. Salto térmico en la sala de Engorde.
Fuente: A partir de la Guía de prácticas correctas de higiene. Helicicultura

La fase de engorde se hará bajo invernadero. Durante el día no será necesario ningún tipo refrigeración ni calefacción, los excesos de temperatura se salvarán mediante la ventilación natural y la malla de sombreado, en cambio durante la noche se deberán salvar saltos térmicos de hasta 6 °C y esto se hará con generadores de aire caliente.

2.2 Alimentación

➤ 2.2.1 Alimentación en engorde

En la fase de engorde se busca los máximos de producción en el menor tiempo posible y para ello es necesario que los alimentos se hagan únicamente a base de piensos concentrados preparados especialmente para caracoles, renunciando al clásico aporte de vegetales frescos. Además, el aporte de materia vegetal tiene diversos inconvenientes, por una parte, son necesarias grandes cantidades de vegetales frescos, ya que su valor nutritivo es escaso (5 -10 % de materia seca, frente a un 90-95 % de agua) siendo además los índices de

conversión igual o inferiores a un 10 %, y por otra parte estos productos son muy perecederos, pues entran en putrefacción muy rápidamente.

Todo ello, hace que se requiera un gran cantidad mano de obra, tanto para el suministro y mantenimiento de los alimentos, como para la limpieza y retirada de desperdicios además de la posibilidad del aporte de parásitos y hongos a través de este tipo de alimentos.

Es también muy importante el suministro de un agua de calidad para los animales a fin de lograr una nutrición equilibrada del caracol. A la hora de la práctica, el agua es aportada en pequeños bebederos, además se aportará agua sobre los vegetales con la microaspersión y con el riego por goteo.

La frecuencia establecida para la distribución del alimento irá en función de la organización de las distintas actividades del criadero pero nunca debe de exceder de 48 horas ante el peligro de descomposición del pienso siendo así el reservorio perfecto para los patógenos.

El índice de conversión es de 1.6 - 1.8 Kg de pienso / kg de caracol adulto. En cada ciclo se pretende producir 3.000 kg de caracoles por lo que se deberán aportar unos 5000 Kg de pienso.

Es de vital importancia un buen manejo de la alimentación ya que un manejo deficiente de la alimentación, incrementamos el enanismo y disminuimos el número de caracoles comerciales.

A continuación se muestra el pienso utilizado para los caracoles de cebo.

- Harina de maíz: 66%
- Salvado de trigo: 15%
- Torta de soja: 5%
- Carbonato cálcico: 10%
- Complemento vitamínico mineral: 4%

Estos piensos tienen una porción de calcio ligeramente menor a las necesidades de los caracoles por lo que se les puede añadir un porcentaje de carbonato cálcico. En alevines se puede aumentar incluso un 30%, en engorde un 20% y en reproductores un 15%.

- El calcio

El calcio es un elemento fundamental en la dieta de los caracoles ya que de él depende la formación del caparazón y es un elemento muy importante en el metabolismo ya que es utilizado como transportador de metabolitos.

Los caracoles necesitan ingerir calcio pero hay diversas formas de hacerlo. Además del aporte de calcio en las dietas se puede aportar calcio en el suelo. El pie del caracol es el aparato locomotor pero gracias a unos quimiorreceptores que posee en esta parte del cuerpo puede detectar en calcio en el suelo y absorberlo. Basta con que transite sobre estos elementos calcáreos (roca caliza, conchas vacías, huesos, plantas con altos contenidos de calcio, etc.) para absorber su calcio.

➤ 2.2.2 Alimentación de los alevines

Los caracoles recién nacidos basan su alimentación en la hierba por lo que durante el periodo de adaptación se le aportará materia vegetal del propio recinto de engorde. Posteriormente se les irá introduciendo pienso hasta ser el único alimento que ingieran.

La cubierta vegetal de la sala de engorde está formada por trébol blanco enano y rabanillo, esta será la base de la alimentación de los alevines durante el primer mes de vida.

A continuación se describen ambas especies.

El trébol (*Trifolium repens* cv.huia) es una variedad de hoja de tamaño medio con estolones que parten de las axilas de estas y que se enraízan con suma facilidad, poseen raíces superficiales y sus flores son de color blanco ó blanco rosado. Esta especie tiene una gran adaptabilidad, un elevado crecimiento y un desarrollo continuo a lo largo de todo el año.

Respecto a las características edafológicas hay que destacar que su temperatura óptima es de 20-25°C, que se adaptado a un amplio abanico de suelos y su tolerancia a sequías

moderadas. Todos estos aspectos hacen que sea una planta idónea para la cría del caracol. Como aspectos negativos se destaca que no tolera el calor excesivo y que no soporta la salinidad ni encharcamientos prolongados.

Por lo que respecta a la siembra, esta se hace a 10-12 mm de profundidad con una densidad de aproximadamente 3.5 kg/ha. Se realizará en primavera o finales de verano del año 0, ya que tiene un establecimiento lento, y pese a ser una planta que se regenera sola se harán replanteos cuando sea necesario.

El rabanillo rojo (*Raphanus sativus*) es una especie hortícola que no ocupa mucho espacio y que crece rápidamente. Es una planta muy apreciada en el mercado hortícola español aunque en helicultura es apreciada por su ser parte del alimento de los alevines recién nacidos y sobre todo por ser el refugio natural de los caracoles. Es una especie de gran aptitud adaptativa pero es una planta anual por lo que se debe plantar todos los años.

Los requerimientos edáficos son muy bajos y no es una planta muy exigente. Tolerancia a un gran abanico de temperaturas y resiste bien el frío, se adapta a cualquier tipo de suelo aunque los prefiere ricos en humus y bien drenados y requiere un riego regular.

Respecto a la siembra, se hace a voleo con unas densidades de 12 kg/ha y a las tres semanas se hace un aclareo dejando una planta cada cinco cm. Se sembrará en los dos meses que hay entre ciclo y ciclo. En el anexo 6 "Dimensionado de la explotación" se describe el funcionamiento de los parques de engorde, hay tres grupos de parques y cada uno recoge dos ciclos de engorde (grupo uno engorda ciclo 1 y 4, grupo dos engorda ciclo 2 y 5 y grupo tres engorda ciclo 3 y 6) por lo que entre cada ciclo hay dos meses de parada que se utilizarán para replantar el rabanillo.

La cubierta vegetal además de ser el refugio de los caracoles, creando así un microclima adecuado, tiene otra función de vital importancia. La cubierta vegetal y más concretamente la ingestión del rabanillo se utiliza para prevenir el índice de nematodos y bacterias.

➤ 2.2.3 Alimentación de los reproductores

La alimentación durante esta fase se realiza a base de harinas de torta de soja, maíz, cebada, carbonato cálcico y sal. Al no llevar ningún conservante se debe suministrar diariamente, pues la combinación de altas temperaturas y humedad harían que la harina se estropeará rápidamente, perdiendo su aroma, lo que conllevaría que el caracol rechazase su consumo.

2.3 Selección de los reproductores

El primer año los reproductores se compran a otras explotaciones. Se comprarán dos lotes, uno para los tres primeros ciclos y otro para los tres últimos ciclos. Los reproductores se comprarán con antelación para que hibernen en nuestras instalaciones y se adapten a las condiciones de nuestro entorno.

Es muy importante que estos reproductores sean de la mejor calidad ya que de ello dependerán como mínimo las próximas generaciones, que es el tiempo que el criador necesitaría para obtener unos caracoles con crecimientos parecidos y sin porcentajes de enanismo, principales problemas de unos malos reproductores.

Los reproductores seleccionados deben venir directamente de las salas de engorde y ser reproductores por primera vez ya que de ello dependerá la cantidad y calidad de los huevos que pongan. Por lo tanto, al comprar reproductores se debe exigir una garantía de edad y de capacidad reproductiva y certificación de producto y certificado de sanidad.

2.4 Operaciones a realizar

➤ 2.4.1 Operaciones en la sala de maternidad

- Preparación de la sala (limpieza y pienso)
- Cambiar el pienso a diario
- Limpiar los comederos y bebederos semanalmente

- Controlar que las condiciones ambientales son las idóneas
- Eliminar posibles reproductores muertos
- Transporte de los reproductores a la propia sala
- Cambiar los vasos de puesta cada dos o tres días (seis-ocho puestas)
- Etiquetar las mesas de segunda puesta
- Llevar los vasos a la sala de incubación
- Identificar con una etiqueta las mesas con 75% de primeras puestas
- Retirar los reproductores tras su segunda puesta
- Limpiar y desinfección de la sala al finalizar su utilización

➤ 2.4.2 Operaciones en la sala de incubación-adaptación

- Preparación de la sala (limpieza)
- Limpiar los comederos y bebederos semanalmente
- A partir de la tercera semana trasladar los alevines recién nacidos a las jaulas de la misma sala
- Cambiar el alimento, tanto materia vegetal como el pienso, a diario
- Controlar que las condiciones ambientales son la idóneas
- Eliminar a diario posibles alevines muertos
- Limpiar las jaulas cada 4-5 días ya que es el periodo más problemático y es indispensable una buena higiene de las instalaciones
- Después de 2 meses en esta sala hay que llevar a los alevines a la sala de engorde
- Limpiar y desinfección de la sala al finalizar su utilización

➤ 2.4.3 Operaciones en el recinto de engorde

- Preparación del invernadero (limpieza y replantación de la cubierta vegetal)
- Cambiar el pienso a diario
- Limpieza de los comederos, bebederos y refugiossemanalmente
- Controlar que las condiciones ambientales son las idóneas

- Eliminar posibles caracoles muertos a diario (0.5 kg/día)
- Cambiar las banderas de lugar cada semana
- Recogida de los caracoles bordeados
- Selección de reproductores
- Limpiar y desinfección de la sala al finalizar su utilización

➤ 2.4.4 Operaciones de preparación y venta

- Preparación de la sala (limpieza)
- Primera revisión de los caracoles
- Purgado de los caracoles
- Eliminar posibles caracoles muertos
- Enmallar
- Limpiar y desinfección de la sala al finalizar su utilización

➤ 2.4.5 Operaciones de mantenimiento

- Control de todos los parámetros previamente establecidos.
- Recarga del depósito de pellets de la caldera cada 3 días
- Retirada de la ceniza de la caldera 1 vez a la semana

3. BIBLIOGRAFÍA

- Páginas web

Anónimo. *El cultivo del rábano*. Año desconocido. Consultado: 18/04/2015. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>

Anónimo. *Descubriendo la Helicicultura*. Año desconocido. Consultado: 18/04/2015. Disponible en: http://caracolix.blogspot.com.es/p/blog-page_27.html

Cortes Martínez, Dayro Enrique y col. *Evaluación del desarrollo de las crías del caracol Helix aspersa etapa de neonatos en condiciones del piedemonte llanero acacias*. Año desconocido. Consulta: 17/04/2015. Disponible en: <http://es.slideshare.net/dayroenriquecortesmartinez/caracol-corpometa-catama>

Dpto. Producción Animal de la Universidad de Córdoba. *Helicicultura*. Master en zootecnia y gestión sostenible: Ganadería Ecológica e Integrada. Año desconocido. Consulta: 17/04/2015. Disponible en: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/04_10_26_06-MZ-PGA-2013-14-Helicicultura.pdf

Oviedo, Camilo. *Cría de caracoles hélix aspersa*. 2012. Consultado: Consulta: 17/04/2015. Disponible en: <http://es.slideshare.net/camilooviedo37/cultivo-de-caracoles-helix-aspersa>

- Libros y documentos

Fontanillas, J.C.; García-Cuenca, I; Pérez Fuentes, J. *Biología de la reproducción del Helix aspersa máxima*. 1992/1998. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG%2FMG_1992_7_8_92_36_38.pdf

Interhélix y Ministerio de Medio ambiente y Medio rural y marino. *Guía de prácticas correctas de higiene. Helicicultura*. Ed. Ministerio de Medio ambiente y Medio rural y marino. 2009.

Caracoles de Castilla. *Cuaderno del alumno. Curso de helicicultura (Cría de caracoles)*. Lugar: Montejo de Tiermes (Soria). Ed. Por Caracol de Castilla. Año desconocido.

Fernández Cabrera, Hugo Ángel y col. *Efecto de las condiciones micro-climáticas en el comportamiento reproductivo de Helix aspersa*. Año 2013.



UNIVERSITAT JAUME I

Ingeniería Agroalimentaria y del Medio rural

Explotación helicícola a ciclo biológico completo

ANEXO 5:

**Dimensionado de la
explotación**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	Pág. 4
2. DATOS DE PARTIDA.....	Pág. 5
2.1 Periodos en cada recinto productivo.....	Pág. 5
2.2 Densidades poblacionales.....	Pág. 5
2.3 Pérdidas.....	Pág. 6
3. DIMENSIONADO DE LOS RECINTOS PRODUCTIVOS.....	Pág. 7
3.1 Sala de maternidad.....	Pág. 7
3.2 Sala de Incubación-adaptación.....	Pág. 8
3.3 Sala almacén de reproductores.....	Pág. 10
3.4 Recinto de engorde.....	Pág. 11
4. DIMENSIONADO DE RESTO DE DEPENDENCIAS.....	Pág. 13
4.1 Planta de acondicionado.....	Pág. 13
4.1.1 Sala principal.....	Pág. 14
4.1.2 Almacén de envases.....	Pág. 14
4.1.3 Cámara frigorífica.....	Pág. 14
4.1.4 Sala de purgado.....	Pág. 15
4.1.5 Almacén de limpieza.....	Pág. 15
4.1.6 Vestuario.....	Pág. 16
4.2 Almacén.....	Pág. 16
4.3 Almacén de limpieza.....	Pág. 16
4.4 Almacén del pienso.....	Pág. 16
4.5 Vestuarios zona productiva.....	Pág. 17

4.6	Sala de máquinas.....	Pág. 17
4.7	Oficina.....	Pág. 18
4.8	Aseos.....	Pág. 18
	4.8.1 Servicios para mujeres.....	Pág. 18
	4.8.2 Servicio para hombres.....	Pág. 18
4.9	Aula de interpretación.....	Pág. 19
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 20

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del anexo se van a calcular las dimensiones de cada una de las salas de la explotación. Por un lado se calcularán los recintos productivos y por otro el resto de dependencias. Todos los cálculos, desde las dimensiones de los pasillos hasta los elementos indispensables de los vestuarios, se hacen teniendo como referencia por una parte el REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE nº 97 23/04/1997) y por otra el NTP 434: Superficies de trabajo seguras. Además, se ha tenido en cuenta el decreto 39/2004 del Consell de la Generalitat, en materia de accesibilidad en el medio urbano.

Todas las dimensiones se pueden ver también en el plano 7 “Plano de cotas”.

La explotación cuenta con 6 ciclos productivos que se solapan y permiten que esté en funcionamiento constantemente, esto es un aspecto muy importante en este anexo ya que al tener 6 ciclos productivos las necesidades espaciales puntuales se reducen en gran medida. Gracias a esta disminución del espacio los recintos productivos se han podido sobredimensionar. Esto se ha hecho con el firme objetivo de crecer como empresa y aumentar la producción poco a poco y por lo tanto que cuando los requerimientos espaciales aumenten no sean un impedimento de crecimiento.

2. DATOS DE PARTIDA

2.1 Periodos en cada recinto productivo

Cada una de las fases del crecimiento y reproducción del caracol requiere de unos espacios temporales que se han de cumplir para el óptimo desarrollo del caracol. A lo largo del año hay 6 ciclos productivos y el periodo requerido por cada una de las fases ha sido de vital importancia a la hora de diseñar el ciclo productivo anual.

A continuación en la tabla 1 se describen las necesidades temporales. Como se puede ver el mayor factor de variación es el periodo reproductivo, en función de la calidad de los reproductores sus puestas serán más sincronizadas y se podrá disminuir el tiempo dedicado a esta fase.

Periodo	Tiempo parcial	Tiempo total
Reproducción y puesta	24/48h	15 días
Incubación	22 días	35 días
Fase de crecimiento	1 mes	45 días
Engorde	3-4 meses	3-4 meses

Tabla 1. Necesidades temporales de cada case. Fuente: Ancec

2.2 Densidades poblacionales

Densidades poblacionales marcarán de forma directa el espacio necesario en cada recinto. Se han elegido las densidades que se creen más favorables para el desarrollo óptimo del caracol.

Se destaca especialmente las densidades de los reproductores. En este aspecto hay mucha controversia ya que algunos autores defienden que a mayores densidades menos puestas y que por lo tanto lo mejor es 1 kg/m², hay otros que defienden que con ciertos límites a más reproductores más posturas y finalmente hay algunas explotaciones, basadas en la experiencia, que utilizan 850 reproductores/m² o lo que es lo mismo 8.5 kg/m².

Caracoles Marsem apuesta por un valor intermedio de 2kg/m^2 aunque se pretende estudiar distintas densidades durante el primer año de producción.

Por otro lado, hay que destacar que la densidad de la fase de engorde es de caracol terminado por lo que al principio se añadirá lo correspondiente a este peso final (0.5kg/m^2), se tienen en cuenta las pérdidas durante este periodo.

Fase	Densidad
Reproductores	2 kg/m ²
Recién nacidos	15000 un./jaula
Engorde	2,5 kg/m ²

Tabla 2. Densidades poblacionales en cada fase. Fuente: Ancec

2.3 Pérdidas

Las pérdidas durante el ciclo productivo del caracol se estiman como máximo en un 30%. Además durante la fase de hibernación de los reproductores mueren aproximadamente un 20% de estos. El porcentaje de pérdidas durante la hibernación de los reproductores únicamente se debe tener en cuenta a la hora de calcular el número de reproductores seleccionados para la próxima generación.

Fase	Porcentaje de pérdidas
Incubación	12
Fase de crecimiento	14
Engorde	4
Hibernación reproductores	20

Tabla 3. Porcentaje de pérdidas en cada fase. Fuente: Ancec

3. DIMENSIONADO DE LOS RECINTOS PRODUCTIVO

Cada ciclo productivo es de 3.000 kg pero se va a diseñar para una producción de 4.000 kg ya que la explotación tiene las expectativas de crecer en pocos años y esto no se podría hacer si las dimensiones de los recintos son las justas para 3.000 Kg.

3.1 Sala de maternidad

La sala de maternidad está formada por mesas con paredes laterales. Las mesas son de 2 m de largo por 0.5 m de ancho y 1 m de alto. Además la superficie de la mesa está encerrada por paredes de 0.30 m para evitar que se salgan los reproductores.

A lo largo de todas las etapas de vida del caracol hay un 30 % de pérdidas por lo que se deberán obtener 520.000 huevos.

$$1 \text{ caracol adulto} = 10\text{g}$$

$$4000\text{kg} = 400.000 \text{ caracoles}$$

$$400.000 \text{ caracoles} * 1.3 \text{ (30\% de mortalidad)} = \mathbf{520.000 \text{ huevos}}$$

Helixaspersa es una especie muy prolífica ponen de 80 a 120 huevos. Se va a considerar que ponen 90 huevos por puesta, ya que sí en la práctica ponen más únicamente deberemos reducir el número de reproductores. Se considera que tienes dos posturas de 90 huevos cada una por lo que cada reproductor pone 180 huevos.

$$520.000\text{huevos} / 180 \text{ huevos por reproductor} = 2888.88 \text{ reproductores} \approx \mathbf{2890 \text{ reproductores}}$$

Se ha considerado oportuno tener unas densidades de 2 kg/m² o lo que es lo mismo 200 reproductores/m². A continuación se hace el cálculo de las dimensiones útiles de la sala de maternidad.

$$2890 \text{ reproductores} / 200 \text{ reproductores por m}^2 = 14.45 \text{ m}^2 \approx \mathbf{15 \text{ m}^2 \text{ útiles}}$$

Las mesas son de 1 m^2 (0.5 x 2), con un reborde superior de 0.3 m., y se colocarán en línea recta por grupos de 4y por lo tanto finalmente los metros útiles para los reproductores serán de 16 m^2 . Cada línea de mesas está separada por 0.4 m. de la línea contigua o en su defecto de la pared y además todas las líneas están separadas dos metros de la pared del inicio y están pegadas a la pared del final, facilitando la instalación de la calefacción. Con todo ello se concluye que la sala de maternidad será de 45 m^2 .

- Largo: (4 mesas * 2 m.) + (2 pasillos * 1 m.) = 10 m
- Ancho: (4 líneas * 0.5 m.) + (5 pasillos * 0.4 m.) = 4 m
- Superficie total:

40 m²

Las dimensiones son de $10 * 4 \text{ m}$

3.2 Sala de incubación-adaptación

La sala de incubación-adaptación será colindante a la sala de maternidad ya que es el lugar de procedencia de los huevos. Ambas salas están conectadas por una puerta que se abre unidireccionalmente hacia la sala de maternidad porque las dimensiones y la distribución de esta sala lo facilitan.

Esta sala está compuesta de dos zonas, la zona de incubación y la de adaptación. La zona de incubación está formada por estanterías donde se depositarán los vasos con las puestas hasta la eclosión de los huevos. La zona de adaptación está formada por jaulas apiladas sobre unas pequeñas mesas de 60 cm de ancho y 1 metro de alto cuya única función es facilitar el trabajo que se debe realizar en las jaulas.

$$2890 \text{ reproductores} * 2 \text{ posturas} = 5780 \text{ posturas}$$

$$1 \text{ vaso} = 6-8 \text{ posturas}$$

$$5780 \text{ posturas} / 7 \text{ posturas por vaso} = 825.7 \text{ vasos} \approx \mathbf{826 \text{ vasos}}$$

Las estanterías donde se colocarán los vasos son de 2 metros de alto, 1 m de ancho y 0.353 de profundidad, cada estantería tiene cinco niveles.

Los vasos donde se realizarán las puestas son de 15 cm de altura y 12 cm de diámetro. Por lo tanto, en cada nivel caben dos filas de vasos de puesta.

$$826 \text{ vasos} * 0.12 \text{ m de ancho cada vaso} = 99.12 \text{ m} \approx \mathbf{100 \text{ m}}$$

$$100 \text{ m} / (5 \text{ niveles} * 2 \text{ filas}) = \mathbf{10 \text{ m}}$$
 longitudinales de estantería.

La segunda zona está compuesta por jaulas de 0.35 m de alto (0.3 m de jaula mas 0.05 m de pata), 0.50 m de largo y 0.30 m de profundidad con siete paneles interiores de 0.2 m de alto y 0.2 m de ancho. Cada jaula cuenta con una plancha a la altura de las patas que recoge los excrementos.

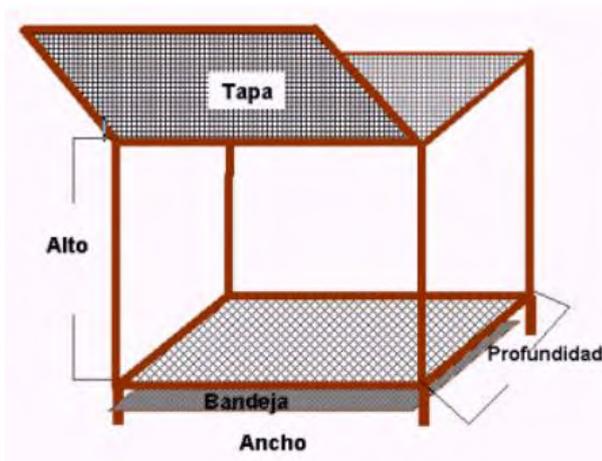


Fig. 1. Jaulas para los neonatos.

Fuente: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/helix/criadero/criadero.htm>

$$1 \text{ jaula} = 1500 \text{ neonatos}$$

$$520.000 \text{ huevos} * 88\% \text{ de huevos eclosionados} = 457.600 \text{ neonatos}$$

457.600 neonatos / 15000 neonatos por jaula = 30.51 jaulas ≈ **31 jaulas**

31 jaulas / 2 jaulas por columna = 15.5 ≈ 16 columnas

- Altura: $(0.35 \text{ m} * 2) + 1 \text{ m} =$ **1.7 m**
- Longitud: 16 columnas * 0.5 m = **8 m** longitudinales.
- Superficie columnas: 8 m de largo * 0.3 m de ancho = **2.4 m²**

Además en esta sala hay una mesa de trabajo para pasar a los recién nacidos desde los vasos de puesta a las bandejas que más tarde se introducirán en las jaulas.

Con todo ello, la sala de incubación-adaptación ocupará un espacio de: **20 m²**

Las dimensiones son de 10 * 2 m.

3.3 Sala almacén de reproductores

El en apartado 3.1 “sala de maternidad” se contabilizan el número de reproductores necesarios, 2890 reproductores cada ciclo. Los reproductores están en esta sala durante cinco meses y tras este periodo son despertados para iniciar un nuevo ciclo. Durante este periodo hay un 20 % de bajas que se debe de tener en cuenta a la hora de la selección de los reproductores para la siguiente campaña.

Los reproductores son almacenados en las propias banderas de donde se recogen por lo que dentro hay unos soporte permanentes para la colocación de las banderas.

Además hay que destacar que en esta sala coincidirán los reproductores de tres ciclos, aspecto determinante a la hora de conocer las dimensiones de la sala.

2890 repro. necesarios / ciclo * 1.2 (sobredimensión por bajas) 3 ciclos = 10404 ≈ **10500repr.**

Las banderas son de dos m² de superficie por lo que podrían llegar a concentrar unos 2000 caracoles adultos, este dato se saca a partir del espacio que ocupa cada caracol. Aunque como esto nunca será así ya que las banderas se cogen de campo y sin tocarlas se almacenan, se contabiliza con 200 reproductores por cada bandera.

$$10500 \text{ reproductores} / 200 \text{ reproductores en cada bandera} = 52.5 \approx 60 \text{ banderas}$$

$$1 \text{ bandera cada } 10 \text{ cm}$$

$$60 \text{ banderas} * 0.1 \text{ m} = 6 \text{ metros longitudinales.}$$

Por lo tanto, se cree necesario una sala de: **6 m**

Las dimensiones son de 2 * 3 m.

3.4 Recinto de engorde

El recinto de engorde es un invernadero, se busca un equilibrio entre condiciones óptimas y gasto económico por lo que durante el día no se aclimatará salvo condiciones extremas pero durante la noche, periodo de máxima actividad de los caracoles, se intentará proporcionar las mejores condiciones para el óptimo crecimiento de los caracoles.

El invernadero está subdividido en tres grupos de parques, hay seis ciclos reproductivos pero cada grupo de parques acoge dos ciclos reproductivos. Cada uno de los grupos está formado por parques de 67 m², (2 * 33.5 m).

Además, dentro de cada parque hay colocadas banderas para aumentar la superficie útil. Estas banderas hacen aumentar los metros útiles de forma muy importante ya que se triplica el espacio útil y por lo tanto disminuye el espacio total requerido. Las banderas son de un metro por un metro y como se pueden utilizar los dos lados cada bandera tiene unas dimensiones de dos m², cada soporte tiene 10 banderas y hay 9 soportes en cada parque.

$$1 \text{ ciclo} = 4.000 \text{ kg}$$

$$4.000 \text{ kg} / 2.5 \text{ kg por m}^2 = 1600 \text{ m}^2 \text{ suelo útil.}$$

$$1 \text{ parque} = 247 \text{ m}^2 \text{ (67 m}^2 \text{ suelo + 180 m}^2 \text{ en banderas)}$$

$$1600 \text{ m}^2 / 247 \text{ m}^2 = 6.48 \text{ parques} \approx \mathbf{6 \text{ parques}}$$

$$6 \text{ parques} * 3 \text{ grupos de parques} = \mathbf{18 \text{ parques}}$$

Se decide poner únicamente seis parques porque los caracoles no crecen todos a la vez y las densidades son 2.5 kg/m² de caracol bordeado por lo que al total nunca habrá más de 2.5 kg/m², ya que mientras unos se sacarán para vender a principios del tercer mes de engorde otros no saldrán hasta finales del cuarto mes. El invernadero requiere de 18 parques, durante los primeros años, cuando la producción está fijada en 3000 kg, un parque de cada grupo estará siempre libre, este irá rotando con lo que se mejorarán las condiciones y la calidad del suelo. Aunque parte de este parque se cultivará para alimentar a los alevines durante las primeras semanas de vida de estos.

Si a los parques se le añade lo que ocupan los pasillos, el invernadero tiene unas dimensiones de 36*54 m. Esto hace una superficie total de: $\mathbf{1944 \text{ m}^2}$

4. DIMENSIONADO DEL RESTO DE DEPENDENCIAS

4.1 Planta de acondicionado

Tras seleccionar diariamente los caracoles que están listos para ser vendidos estos pasan a la planta de acondicionamiento. Aquí se les darán todos los tratamientos necesarios para preparar el caracol para su venta.

Los caracoles que provienen del invernadero serán revisados en la sala principal y los que estén muertos o con alguna deficiencia como roturas en el caparazón serán descartados. Tras la primera revisión se pasarán a la sala de purgado donde permanecerán entre tres y cinco días y bajo la acción de ventiladores para que se purguen y operculen, forma de venta del caracol. Una vez purgados vuelven se almacenan en la cámara frigorífica a siete grados y finalmente a diario se preparan los caracoles para su venta, esto se hace en la sala principal pero en el sector dos donde se vuelven a revisar, se limpian y se enmallan, obteniendo el producto final listo para su distribución y venta.

4.000 kg a recoger en 2 meses

$4.000 \text{ kg} / 40 \text{ días (no se cuentan los fines de semana)} = 100 \text{ kg diarios}$

A estos resultados se le añade un coeficiente de 0.2 ya que no todos los días se podrán recoger 100 kg y lo más probables es que a finales del ciclo se agrupe la mayor parte de los kilos recogidos.

$100 \text{ kg} * 1.2 = 120 \text{ kg diarios}$

La planta de procesado es un recinto diáfano, la sala principal tiene el pasillo incorporado en la propia sala hace que el resto de salas sean muy accesibles a esta sala.

➤ 4.1.1 Sala principal

La sala principal está directamente conectada con el invernadero y está distribuida en 2 secciones. La primera sección la componen el sector de recibo y el de descarte con el depósito de desperdicios, detritos y comisos.

- Sector de recibo (120 kg diarios)
 - Sector de descarte (1 kg diarios)
- } **6 m²**

La segunda sección está formada por las zonas de limpieza y envasado del producto.

- Limpieza y revisión (120 kg)
 - Envasado (120 kg)
 - Utensilios (en un panel sobre la mesa de la pica)
- } **8 m²**

Esto hace que la sala principal tenga unas dimensiones de: **14 m²**

➤ 4.1.2 Almacén de envases

Esta sala está situada enfrente de la zona de envasado y tiene unas dimensiones de 2.5 *1.6 m. Las dimensiones totales son de: **4 m²**

➤ 4.1.3 Cámara frigorífica

La cámara frigorífica, se ha dimensionado para 1800 kg, más de la mitad de la producción de cada ciclo se puede almacenar en ella. A continuación (Fig. 1.) se describen las características de la cámara y del equipo de frío que mantendrá una temperatura constante de siete grados. Además, Esta cámara frigorífica posee estanterías en su interior para un óptimo almacenaje de los caracoles. Por último, se destaca que las dimensiones exteriores de la cámara es de 2.36 m de ancho x 1.96 m de largo x 2.68 m de alto. Esto hace que la cámara frigorífica ocupe: **5.5 m²**

➤ 4.1.4 Sala de purgado

La fase del purgado dura como máximo cinco días por lo que en este sector se pueden llegar a juntar los caracoles recogidos en 5 días consecutivos. Los caracoles están enmallados y cada malla pesa 25 Kg, harán falta 24 mallas con un ocupación estimada en 0.25 m².

Sector de purgado (600 kg) 24 malas * 0.25 m² = 6 m² ⇒ **10 m²**

➤ 4.1.5 Almacén de limpieza

La planta de procesado cuenta con un pequeño almacén para los productos de limpieza, en esta misma sala hay una pica para lavar los utensilios contaminados por el manejo de caracoles infectados por alguna enfermedad. El almacén ocupa: **5.5 m²**

➤ 4.1.6 Vestuario

El vestuario es para una única persona, entre paréntesis aparecen las dimensiones de uso no las de los elementos y siempre primero longitud horizontal y luego la perpendicular respecto al elemento de aseo.

- Zona de cambio (2 m²)
 - inodoro (100* 120 cm)
 - Lavamanos (65 * 75*cm)
- } **6 m²**

La planta de acondicionado cuenta con 6recintos que todos juntos ocupan un espacio de: **60 m²**

Las dimensiones son de 10 * 6 m.

4.2 Almacén

En este recinto se guardarán todos los productos de limpieza y desinfección, simiente para la cubierta vegetal, utensilios para cuidar la tierra, el motoazado, etc. Hay que ir con cuidado ya que hay productos de limpieza y desinfección son inflamables o tóxicos por lo que tienen que estar en un lugar ventilado y fresco.

Se considera que el almacén de productos de limpieza debe ser de:

25.5 m²

Las dimensiones son de 10 *3 m (la sala para los reproductores le quita 4.5 m al almacén del pienso).

4.3 Almacén de limpieza

Además del almacén propio del invernadero hay una pequeña sala para guardar los productos de limpieza de la zona no productiva como la oficina, los vestuarios y aseos, etc. En este cuarto se guardarán productos como friegasuelos, escobas, fregonas, y de más productos de limpieza.

Como únicamente se almacenarán productos de limpieza básicos se considera que esta sala no debe ser muy grande y se otorgan:

10.5 m²

Las dimensiones son de 3 *3.5 m.

4.4 Almacén del pienso

Es muy importante que el pienso esté bien almacenado y que no esté en contacto con otros productos ni con el suelo.

El pienso se almacenará tal como es recibido. Y a lo largo del año se harán tres compras.

24.000 kg de caracoles, factor de conversión 1.6-1.8 kg de pienso/ 1kg de caracol.

$$24.000 * 1.8 = 43.200 \text{ kg de pienso}$$

$$43.200 \text{ kg} / 3 \text{ compras} = 14.400 \text{ kg/compra}$$

Conociendo que el almacén debe conservar 14 mil kg de pienso, se estima que el espacio requerido es de: **38.5 m²**

Las dimensiones son de 10 * 4 m. (la sala para los reproductores le quita 1.5 m al almacén del pienso)

4.5 Vestuarios zona productiva

El vestuario es para una única persona. Por lo que tendrá las mismas dimensiones que le vestuario de la planta de procesado. Ahora bien, se han diseñado 2 vestuarios iguales uno para hombres y otro para mujeres por si en épocas concretas o en un futuro se debe ampliar la plantilla. Cada vestuario tendrá las siguientes dimensiones, entre paréntesis aparecen las dimensiones de uso no las de los elementos y siempre primero longitud horizontal y luego la perpendicular respecto al elemento de aseo.

- Zona de cambio (2.4 m²)
 - inodoro (100 * 120 cm)
 - Lavamanos (62 * 52 cm)
- } **6 m²**

Las dimensiones son de 3 * 2 m.

4.6 Sala de máquinas

En la sala de máquinas se dispondrá toda la maquinaria para mantener un clima idóneo en las diferentes instalaciones. Por ello, se considera que debe tener unas dimensiones de: **22 m²**

Las dimensiones son de 4 * 5.5 m.

4.7 Oficina

La oficina es el espacio donde se llevará a cabo la contabilidad, la facturación y la recepción de proveedores y distribuidores. Se estima que el espacio necesario para que contenga todos elementos necesarios es de: **12 m²**

Las dimensiones son de 4 *3 m.

4.8 Aseos

Junto a la oficina estarán situados los servicios para las visitas. Hay uno para hombres y otro para mujeres. Para el dimensionado de estos espacios se ha seguido el decreto 39/2004 del Consell de la Generalitat, en materia de accesibilidad en el medio urbano. Entre paréntesis aparecen las dimensiones de uso y siempre primero longitud horizontal y luego la perpendicular respecto al elemento de aseo.

➤ 4.8.1 Servicio para mujeres

El servicio para las mujeres contará con 2 lavamanos nada más entrar y con 3 inodoros independientes, uno de ellos adaptado.

- Inodoro (100 * 130 cm) * 2
 - Inodoro adaptado (240*220)* 1
 - Lavamanos (65 * 75 cm) * 2
- 13 m²**

Las dimensiones son de 6 *2.2 m.

➤ 4.8.2 Servicio de caballeros

El servicio para los hombres contará con 2 lavamanos nada más entrar, con 1 inodoro individualizado y 2 inodoros de pared.

- Inodoro adaptado (240 * 220 cm) * 1
 - Inodoro (100 * 130 cm) * 1
 - Inodoro de pared (90 * 75 cm) * 1
 - Lavamanos (65 * 75) * 2
- 13 m²**

Las dimensiones son de 6 *2.2 m.

4.9 Aula de interpretación

El aula de interpretación estará formada por 32 sillas, las cuales estarán colocadas en filas de siete, con un pasillo central, a excepción de la última que solo dispondrá de cuatro sillas. Cada silla dispone de una pala para de 49.5 x 25.5 cm. Además hará falta una mesa y tres sillas normales enfrente de estas filas de sillas y una pantalla de 1.6 * 1.6 m con su respectivo proyector.

La sala requiere: **31.5 m²**

Las dimensiones son de 7 * 4.5 m.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Páginas web

Corbalán, Antonio. *Baños accesibles y adaptados*. 2011. Consulta: 02/05/2015. Disponible en: <http://www.accesibilidadglobal.com/2011/09/banos-accesibles-y-adaptados-que-no.html>

Anónimo. *Compendio de Normativa en Materia de Accesibilidad*. Año 2004. Consultado en: 02/05/2015. Disponible en: <http://ingenieriasmg.com/images/normativas/Compendio%20Accesibilidad%20Espacios%20Publicos.pdf>

Anónimo. *¿Cómo adaptar? Espacios interiores para discapacitados*. Año desconocido. Consultado en: 02/05/2015. Disponible en: <http://www.elaandalucia.es/WP/wp-content/uploads/consejos-adaptacion-ba%C3%B1o.pdf>

- Libros y documentos

Anónimo. *REAL DECRETO 486/1997 por el que se establece disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. Lugar: España Año 1997. Disponible en: http://www.unimat.es/upload/20071212162650.rd_486-1997.pdf

Tamborero del Pino, Jose M^a. NTP434: *Superficies de trabajo seguras*. Lugar. España. Año 1998. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_434.pdf



UNIVERSITAT JAUME I

Ingeniería Agroalimentaria y del Medio rural

Explotación helicícola a ciclo biológico completo

ANEXO 6:

Cálculos constructivos del invernadero

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	Pág. 3
2.	ACCIÓN DEL VIENTO.....	Pág. 4
	2.1 Cálculo de la velocidad característica (vc).....	Pág. 4
	2.1.1 Coeficiente de rugosidad y altura.....	Pág. 4
	2.1.2 Coeficiente topográfico.....	Pág. 5
	2.1.3 Coeficiente de ráfaga.....	Pág. 5
	2.1.4 Coeficiente de probabilidad de excedencia de acciones.....	Pág. 6
	2.2 Cálculo de las presiones y fuerzas sobre el invernadero.....	Pág. 6
3.	ACCIÓN DE LA NIEVE.....	Pág. 7
4.	ACCIONES PERMANENTES DE LAS INSTALACIONES.....	Pág. 8
5.	CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO.....	Pág. 9
	5.1 Características técnicas de los invernaderos.....	Pág. 9
	5.2 Características de la instalación.....	Pág.10
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 12

1. INTRODUCCIÓN

La proyección del invernadero de la explotación helicícola se ha hecho siguiendo única y exclusivamente la normativa siguiente. La normativa Europea UNE-EN 13031-1 para el diseño y la construcción de invernaderos de producción comercial, la Norma “UNE-ENV 1991 2-3: EUROCODIGO 3” (Norma Europea para invernaderos), y la Norma “UNE-ENV 1991 2-4: EUROCODIGO 1” (recomendada por la Convención Europea de Construcciones Metálicas, CECM, sobre acciones de viento en la estructura).

El invernadero es proyectado comprobando que no se supere ningún estado límite y cumpliendo todos los requisitos de durabilidad, tolerancia, mantenimiento, etc.

Para empezar, se define el invernadero en función de la tolerancia al desplazamiento y la vida útil del invernadero. El invernadero es un A10 ya que los cerramientos no permiten el desplazamiento estructural como acción de las cargas y tiene una vida útil de 10 años.

Tras estudiar los diversos tipos de invernadero y cerramientos con sus ventajas y desventajas se determinó que el invernadero sería de tipo multicapilla. A continuación se incluyen los cálculos realizados para la selección de las dimensiones estructurales, las cargas de viento, nieve y las acciones permanentes han sido la base para la elección de los materiales de la estructura que se explican en el apartado 5. En este último apartado se describen las características de los materiales e instalaciones del invernadero.

2. ACCIÓN DEL VIENTO

Las acciones debidas al viento se calculan a partir del informe UNE 76210 IN el cual complementa y facilita la aplicación de la norma UNE-EN 13031-1.

Las acciones del viento se expresan en forma de presiones o de fuerzas las cuales se calculan a partir de las denominadas velocidades de referencia del viento (v_{ref}). Dependiendo de la localización la velocidad de referencia varía, en el caso de Castellón de la Plana y más concretamente en la marjal de Castellón, la v_{ref} es 27 m/s.

2.1 Cálculo de la velocidad característica (v_c)

A partir de la velocidad de referencia y de diversos coeficientes se obtiene la velocidad característica (v_c).

$$V_c = c_r * c_t * c_{raf} * c_p * v_{ref} = 0.722 * 1 * 3.13 * 0.873 * 27 \text{ m/s} = \mathbf{53.27 \text{ m/s}}$$

- c_r : Es el coeficiente de rugosidad y altura
- c_t : Es el coeficiente topográfico
- c_{raf} : Es el coeficiente de ráfaga
- c_p : Es el coeficiente de probabilidad de excedencia de acciones, vida útil
- v_{ref} : Es la velocidad de referencia

A continuación se calculan los diferentes coeficientes para obtener la velocidad característica.

➤ 2.1.1 Coeficiente de rugosidad y altura

Para empezar se debe calcular la altura de referencia (z), en este caso y por ser un invernadero curvo la altura de referencia es la altura media entre la altura del canalón y de la escombrera. La altura de canalón es de 4.5 m. y la escombrera tiene una altura de 6 m. Así pues, la altura de referencia es de 5.25 metros.

Por otro lado y utilizando la tabla 1 “Categorías de terreno según la Norma UNE-ENV 1991-2-4” del informe UNE76209 IN, se determina la altura mínima, que en este caso es 8 m.

Como $z < z_{min} \rightarrow 5.25 \text{ m.} < 8 \text{ m.}$

$$Cr = KT * \ln\left(\frac{Zmin}{Zo}\right)$$

De nuevo utilizando la tabla 1 del informe y por ser un área suburbana se conocen los diversos factores de la fórmula.

$$Cr = 0.22 * \ln\left(\frac{8}{0.3}\right) = \mathbf{0.722}$$

➤ 2.1.2 Coeficiente topográfico

El valor de este coeficiente varía entre 1 y 1.48 dependiendo de la situación, altura y dependiendo del terreno a barlovento. Por estas razones se considera oportuno darle un coeficiente topográfico de **1**.

➤ 2.1.3 Coeficiente de ráfaga

Este coeficiente tiene en cuenta la duración de la ráfaga y la intensidad de la turbulencia.

$$Craf = \sqrt{\left(\frac{2 * g * KT}{Cr * Ct}\right) + 1}$$

➤ g es el factor de pico y se toma un valor estándar de 3.5

$$Craf = \sqrt{\left(\frac{2 * 3.5 * 0.22}{0.722 * 1}\right) + 1} = \mathbf{3.13}$$

➤ 2.1.4 Coeficiente de probabilidad de excedencia de acciones

El coeficiente de probabilidad de excedencia de acciones va ligado a la vida útil del invernadero y se calcula a partir de la siguiente expresión.

$$Cp = \sqrt{\frac{1 - K1 * (-\ln(1 - p))}{1 - K1 * \ln(-\ln 0.98)}}$$

- $K1$: Es el parámetro de forma y su valor es 0.33,
- $p = 1 / N$
- N : Son los años de vida útil.

$$Cp = \sqrt{\frac{1 - K1 * (-\ln(1 - p))}{1 - K1 * \ln(-\ln 0.98)}} = \mathbf{0.873}$$

2.2 Cálculo de las presiones y fuerzas sobre los invernaderos

Para empezar, se debe calcular la presión característica (q_c), esto se hace mediante tabla, tabla 5 “Presiones características en Pa, para diferentes alturas en terrenos de Categoría III” del informe UNE76209 IN.

La categoría III hace referencia a terrenos industriales o aéreas suburbanas: una vez localizada la tabla, se entra mediante el coeficiente topográfico que en este caso es 1 y como la altura del invernadero es menor a ocho metros la presión característica es la siguiente.

$$q_c = \mathbf{567 \text{ Pa}}$$

3. ACCIÓN DE LA NIEVE

El cálculo de la acción de la nieve se realiza siguiendo el informe UNE 76210:2006 IN el cual complementa y facilita la aplicación de la Norma UNE-EN 13031-1.

Como datos previos para el cálculo de la carga de nieve se debe conocer la región que en este caso será la región b, y la altitud, que en este caso estará en el grupo I por estar en una altitud inferior a 200m.

Tras conocer los datos previos ya se puede calcular la carga de nieve.

Altitud < 200 m.

$$A_k = \mu_1 * C_t * C_n * s_k = 0.8 * 0.6 * 0.612 * 0.4 = \mathbf{0.12 \text{ KN/m}^2}$$

- μ_1 : es el coeficiente de forma para la carga de la nieve, en este caso por disponer de un invernadero multimodular curvo el coeficiente es **0.8**
- C_t : es el coeficiente térmico, a partir de la tabla 1 "Coeficiente térmico C_t en función del tipo de cerramiento" del apartado 3 del informe citado con anterioridad, se obtiene que tiene un valor de **0.6**
- C_n : es el coeficiente de corrección, a partir de la tabla 2 "Valores para C_n para periodos de retorno inferiores a 50 años aplicables en invernaderos" del apartado 3 del informe utilizado en este apartado, se obtiene que C_n es **0.612**
- s_k : es el valor característico de la carga de nieve en el terreno que en este caso es **0.4kN/m²**

4. ACCIONES PERMANENTES DE LAS INSTALACIONES

Las acciones permanentes de la instalación son las cargas debidas a la instalación de equipamiento permanente. En concreto estas cargas se deben a la micronebulización, a los generadores de aire y sus canalizaciones y la iluminación.

Este dato ha sido aportado por ININSA S.A., ellos en sus cálculos han estimado que las cargas permanentes debidas a la instalación hacen una fuerza de **6 Kg/m²**, esta fuerza se aplica verticalmente sobre cada tirante.

5. CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO

Además de la obtención de los cálculos de las acciones de viento, nieve y las permanentes se necesitan una serie de datos para la posterior construcción del invernadero.

En primer lugar se recuerda que el invernadero es de 54 m de longitud por 36 m de ancho y está compuesto por cuatro naves de nueve metros de ancho y 54 metros de largo. Para sostener esta estructura se utilizan pilares exteriores cada dos metros e interiores cada cuatro.

Los pilares y todas aquellas piezas de acero se han fabricado siguiendo el CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN DOCUMENTO BÁSICO ACERO, el acero estructural utilizado será el S275. Este acero es acero galvanizado caliente y sigue la UNE-EN ISO 1461-99. Este acero se obtiene introduciendo individualmente las piezas de acero en un baño de zinc a 450 °C. Con ello la pieza queda recubierta de una capa de zinc que le protege, esta capa es de un espesor de 70 micras.

Además de la normativa seguida para la fabricación del acero la fabricación y construcción del invernadero debe seguir una serie de normas. El invernadero cumple con la “NORMA UNE – EN 13031-1” (Norma Europea para el diseño y la construcción de invernaderos de producción comercial), con el “EUROCÓDIGO 1: NORMA UNE–ENV 1991 2-4” recomendada por el Comité Europeo de Construcciones Metálicas sobre acciones de viento en la estructura, y con “EUROCÓDIGO 3: NORMA UNE – ENV 1991 2-3”, Normativa Europea sobre Invernaderos.

5.1. Características técnicas de los materiales

A partir de las acciones a las que es sometido el invernadero se ha determinado la forma de los pilares y sus dimensiones. Tanto los pilares exteriores como los interiores tienen las mismas características técnicas, son pilares cuadrados de 80 * 80 * 2 mm (ancho * largo * espesor) con una altura de cuatro metros y medio.

Además, las correas de sujeción son de dos tipos. Para el perímetro se colocarán dos correas intermedias en los laterales y tres correas frontales de tipo H y una correa baja perimetral también de tipo H. En la cubierta se colocará una correa de tipo H y finalmente una de tipo C, correa de canal que sujetará como su nombre indica la canal.

La estructura también tendrá tirantes transversales cada cinco metros (un tirante horizontal de $\varnothing 40 \times 1'5 \text{ mm}$ más tres tirantillos verticales de $\varnothing 25 \times 1'5 \text{ mm G/S}$) y una línea longitudinal central de tirante diagonal en zig-zag por cada nave (de $\varnothing 35 \times 1,5 \text{ mm G/S}$), atando todos los tirantes transversales.

El techo será de capilla y tendrá una altura de cuatro metros y medio bajo canal y de seis de altura de cumbrera.

Para finalizar, el material de cubierta utilizado es el policarbonato. Se ha elegido este material por la gran resistencia a los impactos que tiene, porque tiene una duración de 10 años y porque es uno de los materiales con peor transmisividad aspecto beneficioso ya que a los caracoles no les agrada la luz solar. Este material tiene un espesor de 6 mm y un peso de 1.4 kg/m².

5.2. Características de la instalación

El invernadero cuenta con una serie de complementos que facilitan el trabajo y mejoran las condiciones ambientales. El invernadero está seccionado en tres partes que coinciden con los tres grupos de parques. Como hay periodos en los que no se usa todo el invernadero las divisiones interiores son muy útiles porque disminuyen el volumen del aire con lo que no serán necesarios todos los generadores de calor para calentar el invernadero. Además, para disminuir todavía más el volumen de aire se coloca pantallas térmicas a una altura de tres metros, hay tres pantallas térmicas y de nuevo coinciden con los grupos de parques.

El invernadero cuenta con ventanas laterales enrollables a lo largo de los dos laterales con unas dimensiones de 1.57 m de alto y 50 m de largo. La apertura de las ventanas se hará mediante unos motorreductores con final de carrera incorporado, hará falta un motor por lateral.

La apertura y cierre de las ventilaciones laterales y de las tres pantallas térmicas se realizará a través de un cuadro eléctrico con automatismos para 5 motores. El cuadro de control de clima contará con una serie de sensores que marcarán la apertura y cierre de las ventanas y de las pantallas.

- Anemómetro (velocidad del viento en el exterior)

- Sonda temperatura interior
- Sonda temperatura exterior
- Higrómetro (humedad interior)
- Pluviómetro (lluvia exterior)

6. BIBLIOGRAFÍA

- Páginas web

Anónimo. *ININSA*. 2015. Consultado en: 13/08/2015. Disponible en:

<http://www.fabricanteinvernaderos.com/>

- Libros y documentos

UNE-EN 13031. *Diseño y construcción de invernaderos de producción comercial*. Ed: AENOR.
Año 2002.



UNIVERSITAT JAUME I

Ingeniería Agroalimentaria y del Medio rural

Explotación helicícola a ciclo biológico completo

ANEXO 7:

Calefacción

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	Pág.3
2. CALEFACCIÓN DE LOS RECINTOS.....	Pág. 4
2.1 Calefacción de la sala de maternidad.....	Pág. 7
2.2 Calefacción de la sala de incubación-adaptación.....	Pág. 9
2.3 Calefacción del invernadero.....	Pág. 11
3. ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CALEFACCIÓN.....	Pág. 13
3.1 Equipo de calefacción mediante agua.....	Pág. 13
3.2 Equipo de calefacción mediante aire.....	Pág. 14
4. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 16

1. INTRODUCCIÓN

Los recintos productivos, que en este caso son la sala de maternidad, la de incubación-adaptación y el invernadero de engorde, requieren que la temperatura no baje de un mínimo específico para cada recinto. Por ello, estas dependencias necesitarán la calefacción para evitar que la temperatura descienda por debajo del mínimo.

Los tres recintos cuentan con sistemas de calefacción aéreos pero los locales de maternidad e incubación-adaptación tienen sistemas de calefacción mediante agua caliente mientras que el invernadero se calienta mediante aire caliente. Esta elección se ha hecho porque las salas calentadas con agua son de pequeño tamaño y pese al elevado coste de este sistema el rendimiento y la uniformidad son mucho mayores. En cambio en el invernadero pesan más los motivos económicos, pese a que la calefacción mediante aire caliente es menos homogénea. La distribución de las canalizaciones de la calefacción se puede ver en el plano 8 "Plano de la instalación de calefacción".

2. CALEFACCIÓN DE LOS RECINTOS

Como se ha mencionado en la introducción, los recintos de menor tamaño tendrán calefacción mediante agua caliente. El sistema consiste en calentar agua mediante una caldera y un quemador, tras calentar el agua en la central térmica se distribuye mediante tuberías de hierro galvanizado. A la entrada de las salas el agua que circula por las tuberías circulará a 50 °C y esta disminuye progresivamente hasta los 35 °C a la vez que se calienta la sala.

Como combustible se ha seleccionado el pellet frente a otras posibilidades como los combustibles fósiles o la leña y esto es debido a sus numerosas ventajas. Entre las más llamativas se encuentra que se trata de una calefacción más limpia y por lo tanto emite menos CO₂, es más cómodo que las calderas tradicionales de leña y además es más económico que cualquier combustible fósil, llegando a ahorrar hasta un 50% en el gasto en calefacción.

Ahora bien, también tiene algunas desventajas como por ejemplo una mayor inversión inicial, el ruido que genera y el coste de mantenimiento ya que hay que reponer de depósito cada dos o tres días.

La instalación cuenta con los siguientes elementos.

- Caldera: Es la cámara donde se realiza la combustión del pellet
- Quemador: Es la fuente de calor que genera la chispa para que se produzca la combustión, el quemador va incluido en la caldera.
- Tuberías: Son el medio de transporte del agua caliente y se las conoce como tuberías radiantes
- Bomba: El sistema de calefacción dispone de unas bombas que le proporcionan la fuerza necesaria al agua para que esta circule de forma constante por las tuberías
- Depósito de combustible: La caldera cuenta con una tolva de 45 Kg pero para una mayor rentabilidad se dispone de un segundo depósito de 1000 Kg de capacidad.

En cambio el invernadero se calentará mediante generadores de aire caliente con intercambiador de calor. En los generadores de aire caliente con intercambiador de calor los

gases de combustión son evacuados al exterior. Los generadores de calor están formados por las siguientes partes.

- **Cámara de combustión:** En la cámara de combustión se produce la quema del combustible, y aquí mismo se ubica el intercambiador de calor por lo que durante la combustión se calienta y posteriormente el ventilador fuerza el paso del aire por el intercambiador para que este ceda su calor al aire
- **Quemador:** Quema el combustible que posteriormente calentará el aire mediante el intercambiador de calor, como combustible se utilizará gas
- **Intercambiador de calor:** Posee diversas aletas que se calientan por la combustión y posteriormente pasa a través de estas aletas el aire y se calienta
- **Ventilador:** Es el encargado de hacer circular el aire por todo el invernadero.

Además los generadores deben estar abastecidos por un depósito de combustible.

- **Depósito de combustible:** recipiente de almacenaje del combustible. Su tamaño dependerá del consumo y el consumo de los generadores oscila entre un l/h y once l/h, en este caso se utilizarán generadores de menor potencia ya que así la temperatura es más homogénea y por lo tanto su consumo también es menor.

Para calcular las necesidades de calefacción, de los tres recintos productivos se tienen en cuenta los siguientes factores.

- **Salto térmico:** Diferencia de temperatura entre la temperatura exterior y la deseada en el interior.
- **Pérdidas de aire:** Pérdidas generadas por la aportación de aire exterior, ya sea forzado o de forma natural.
- **Superficie y tipo de material:** El material de construcción y posibles deficiencias en la construcción podrían ser determinantes para la calefacción y las pérdidas que tiene.

- Volumen del recinto: Se utiliza en caso de que concurren al mismo tiempo ventilación y calefacción.

A la hora de realizar los cálculos se desestimarán las pérdidas por deficiencias en la construcción y no se tendrá en cuenta la posibilidad de aunar calefacción con ventilación. Así pues, para obtener la pérdida total de calor se aplicará la siguiente fórmula.

$$Ct = K \times S \times (Ti - Te)$$

- Ct: Kilocalorías necesarias
- K: Coeficiente de transmisión ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
- S: Superficie en metros cuadrados de paredes y techo
- Ti: Temperatura mínima interior deseada
- Te: Temperatura media/mínima exterior

Tras obtener las necesidades de calefacción se hará el dimensionado de las tuberías para las salas de maternidad e incubación-adaptación. En el invernadero únicamente se obtendrán las necesidades de calefacción y posteriormente se elegirán los equipos de calefacción.

La elección del material de las tuberías de calefacción de las salas se ha hecho de forma muy cuidadosa ya que es determinante entre otros aspectos por el coeficiente de transmitancia y el coste de los materiales. Tras evaluar diversas posibilidades el material utilizado para la canalización del agua será el acero inoxidable.

El dimensionado de las tuberías se hará mediante la siguiente tabla.

Código	Descripción	Medida
605003	TUBO INOX_Pres 28 x 0`8mm. 5mts.(Serie 1) AISI-316L-EN10312	28 x 0`8mm
605004	TUBO INOX_Pres 35 x 1`0mm. 6mts.(Serie 1) AISI-316L-EN10312	35 x 1`0mm
605005	TUBO INOX_Pres 42 x 1`2mm. 6mts.(Serie 1) AISI-316L-EN10312	42 x 1`2mm
605006	TUBO INOX_Pres 54 x 1`2mm. 6mts.(Serie 1) AISI-316L-EN10312	54 x 1`2mm
TUBO INOX Serie 2 AISI-316L-EN10312		
605020	TUBO INOX_Pres 15 x 1`0mm. 5mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	15 x 1`0 mm
605021	TUBO INOX_Pres 18 x 1`0mm. 5mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	18 x 1`0 mm
605022	TUBO INOX_Pres 22 x 1`2mm. 5mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	22 x 1`2 mm
605024	TUBO INOX_Pres 35 x 1`5mm. 6mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	35 x 1`5 mm
605025	TUBO INOX_Pres 42 x 1`5mm. 6mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	42 x 1`5 mm
605026	TUBO INOX_Pres 54 x 1`5mm. 6mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	54 x 1`5 mm

Tabla 1. Catálogo de tuberías de acero inoxidable. Fuente:
<http://www.calemur.es/2009/productos/fontaneria/inoxpres/accesorios-y-tuberia-acero-inox/tubo-inoxidable-en-barra.54139.html>

2.1 Calefacción de la sala de maternidad

La sala de maternidad tiene un sistema de calefacción mediante agua caliente, a continuación se calculan las necesidades de calefacción y se dimensionan las tuberías.

El cálculo de las necesidades de calefacción se realiza con la siguiente expresión.

$$Ct = K \times S \times (Ti - Te) = 1.74 * 123.3 * (20 - 6) = \mathbf{3003.59 \text{ W}}$$

- Ct: Kilocalorías necesarias
- K = 1.74 W/m²*°C, Coeficiente de conductividad térmica de ladrillo revocado por ambas caras (Fig.1)
- S = 123.3 m² ,(2*10*2.7) + (2*4.5*2.7) + (10*4.5)
- Ti = 20 °C
- Te = 6°C

Descripción del muro	Espesor [cm]	Transmitancia térmica K *	
		[W/m ² ·C]	[kcal/m ² ·h·C]
Muro de bloques HCCA retak 20 cm	20	0,54	0,47
Muro de bloques HCCA retak 17,5 cm	17,5	0,62	0,54
Muro de bloques HCCA retak 15 cm	15	0,70	0,60
Muro doble LH12 + Cámara de aire 2 cm + LH12 revocado en ambas caras 2 cm	30	0,91	0,78
Muro doble LC 12 + Cámara de aire 2 cm + LH12 revocado en ambas caras 2 cm	30	1,01	0,87
Muro de Ladrillo Cerámico Portante de 18 cm revocado en ambas caras 1 cm	20	1,31	1,13
Muro de Ladrillo Cerámico Portante de 12 cm revocado en ambas caras 1 cm	15	1,55	1,33
Muro de Ladrillo Hueco 12 cm revocado en ambas caras 1,5 cm	15	1,74	1,50
Muro de Ladrillo Común de 12 revocado ambas caras	15	2,68	2,30

* a menor valor de K, mayor aislación térmica

Fig. 1. Transmitancia térmica de los muros. Fuente:
<http://www.retak.com.ar/propiedades.htm>

Tras calcular las necesidades de calefacción se dimensionan las tuberías.

Como datos de partida se necesita conocer los siguientes datos, estos datos previamente fijados según conviene.

- T_e : 50 °C, temperatura de entrada del agua
- T_s : 35 °C, temperatura de salida del agua
- T_m : 42.5 °C ,temperatura media del agua en las tuberías radiantes
- T_i : 20 °C Temperatura a mantener en la sala
- P: Necesidades energéticas reales de la sala para mantener la T_i (Kcal/h)

$$P = \frac{Q}{n} = \frac{2582.5}{0.92} = 2807.06 \text{ Kcal/h}$$

- Q = 2582.5 Kcal/h (3003.59 W), necesidades energéticas teóricas
- n: Rendimiento nominal.

Tras obtener las necesidades energéticas reales se debe obtener S, superficie exterior desarrollada para un metro de tubería.

$$\frac{P}{L} = S * K * (Tm - Ti) \rightarrow S = \frac{P}{L * K * (Tm - Ti)} = \frac{2807.06}{79.2 * 14.62 * (42.5 - 20)} = 0.108 \text{ m}^2$$

- K: 14.62 Kcal/h*m²*°C, coeficiente de transmisión de la tubería de acero inoxidable
- L: 79.2 m., 4 líneas dobles de tubería de 8 m. más los codos entre cada par de líneas (1.2 m. totales) más la tubería de abastecimiento y retorno.

Con los datos obtenidos anteriormente ya se puede calcular el diámetro de tubería radiante que hace falta.

$$D = \frac{S}{\pi * l(1m.)} = \frac{0.108}{\pi} = 0.0343 \text{ m} * 1000 = 34.3 \text{ mm}$$

34.3 mm. es el diámetro nominal requerido y el primer diámetro comercial útil es de 42 mm. de diámetro exterior y 1.2 mm. de espesor de pared.

2.2 Calefacción de la sala de incubación-adaptación

La sala de incubación-adaptación dispone del mismo sistema de calefacción que la sala de maternidad y a continuación se va a proceder a calcular las necesidades de calefacción y se dimensionarán las tuberías.

El cálculo de las necesidades de calefacción se realiza con la siguiente expresión.

$$Ct = K * S * (Ti - Te) = 1.74 * 84.8 * (21 - 6) = 2213.28 \text{ W}$$

- Ct: Kilocalorías necesarias, Coeficiente de conductividad térmica de ladrillo revocado por ambas caras (Fig.1)
- K = 1.74 W/m²*°C
- S = 84.8 m², (2*10*2.7) + (2*2*2.7) + (10*2)
- Ti = 21 °C
- Te = 6°C

Ahora se procede al dimensionado de las tuberías.

Como datos de partida se necesita determinar los siguientes datos, a continuación se dan los valores que se creen más convenientes.

- T_e : 50 °C, temperatura de entrada del agua
- T_s : 35 °C, temperatura de salida del agua
- T_m : 42.5 °C ,temperatura media del agua en las tuberías radiantes
- T_i : 20 °C Temperatura a mantener en la sala
- P: Necesidades energéticas reales de la sala para mantener la T_i (Kcal/h)

$$P = \frac{Q}{n} = \frac{1902.98}{0.92} = 2068.48 \text{ Kcal/h}$$

- Q= 1902.98 Kcal/h (2213 W), necesidades energéticas teóricas
- n: Rendimiento nominal

Tras obtener las necesidades energéticas reales se debe obtener S, superficie exterior desarrollada para un metro de tubería.

$$\frac{P}{L} = S * K * (Tm - Ti) \rightarrow S = \frac{P}{L * K * (Tm - Ti)} = \frac{2068.48}{50.5 * 14.62 * (42.5 - 20)} = 0.124 \text{ m}^2$$

- K: 14.62 Kcal/h*m²*°C, coeficiente de transmisión de la tubería de acero inoxidable
- L: 50.5 m., 4 líneas de 9 m. más las uniones entre las líneas y más 12 m. de las tuberías de abastecimiento y retorno

Con los datos obtenidos anteriormente ya se puede calcular el diámetro de tubería que hace falta.

$$D = \frac{S}{\pi * l(1m)} = \frac{0.124}{\pi} = 0.0394 \text{ m} * 1000 = 39.4 \text{ m}$$

Se requieren unas tuberías de 39.4 mm. de diámetro interno, tras consultar la tabla de diámetros se considera oportuno la elección de una tubería de 42 mm. de diámetro externo y 1.2 mm. de espesor de pared, pese a que las medidas son muy justas si en algún punto el diámetro es algo menos se compensará con un aumento mínimo de la velocidad del agua.

2.3 Calefacción del invernadero

Para calcular las necesidades de calefacción primero hay que saber que el material principal del invernadero es el policarbonato y que se va a tener en cuenta la superficie total del invernadero ya que habrá meses que esté funcionando todo a la vez.

$$Ct = K \times S \times (Ti - Te) = 3.5 \times 2484 \times (15 - 6) = \mathbf{78246 \text{ W}}$$

- Ct: Kilocalorías necesarias
- K: 3.5 W/m²*°C
- S: 2484 m², (2 * 54 * 3) + (2 * 36 * 3) + (54 * 36). La altura del invernadero es de 4.5 m. pero se considera de 3 m. porque se va a utilizar una malla térmica para disminuir el volumen del invernadero y que sea más fácil su calefacción.
- Ti: 15 °C, se elige esta temperatura para sobredimensionar el sistema y que no se colapse en momentos puntuales con condiciones extremas.
- Te: 6 °C

En enero, el mes con las condiciones más desfavorables, las necesidades calefactoras son 78246 W a partir de este valor se calcula el número de generadores necesario.

Lo primero que se debe hacer es pasar a kW, 78.25 KW

Para una óptima distribución de la calefacción se recomiendan radios de acción menores a 20-30 metros. Sabiendo esto se puede deducir por las dimensiones del invernadero que con 4 generadores la distribución de la calefacción será adecuada. Se eligen los generadores de menor potencia, así se aumentará la homogeneidad de la calefacción, se eligen generadores de 15 kW de potencia calorífica nominal y un rendimiento del 92%. La potencia nominal útil es de 13.8 kW y como se observa a continuación se

$$N = \frac{78.25}{13.8} = 5.67 \rightarrow 6 \text{ generadores}$$

Ahora bien, el invernadero está dividido en tres zonas (36*18) por lo que el reparto de los generadores se puede hacer de forma equilibrado con 6 generadores, 2 por zona.

Los generadores estarán colocados a una altura de 1.5 m para que la distribución del aire sea lo más homogénea posible en todo el invernadero.

3. ELECCIÓN DE LOS EQUIPO DE CALEFACCIÓN

La calefacción está compuesta por 2 equipos. Un primer equipo abastecerá a las salas de maternidad e incubación-adaptación y el segundo equipo se encargará del invernadero.

3.1 Equipo de calefacción mediante agua

Para seleccionar el equipo de calefacción de las salas lo primero es conocer las necesidades de calefacción.

$$C_{t_{\text{maternidad}}} = 3003.59 \text{ W}$$

$$C_{t_{\text{incubación-adaptación}}} = 2213.28 \text{ W}$$

$$C_{t_{\text{total}}} = C_{t_{\text{maternidad}}} + C_{t_{\text{incubación-adaptación}}} = 5216.87 \text{ W} \rightarrow \mathbf{5.2 \text{ KW}}$$

- Caldera

Una única caldera abastecerá las dos salas, entre ambas salas requieren una potencia máxima de 5.2 KW. Se ha seleccionado una caldera de uno doméstico de 16 KW de potencia nominal y aproximadamente 14 kW de potencia real. Esta caldera se ha construido según la normativa UNE12809:2000 e incorpora el quemador y la bomba. Algunos de los aspectos más importantes de esta caldera son su tamaño reducido, 96 cm. de alto y 64 cm. de ancho y que en su interior incorpora ya un vaso de expansión y una bomba de circulación. Además está dotada de tiro forzado para ganar metros en la salida de humos e incorpora un Panel Digital para facilitar su manejo.

El uso de la caldera se hará a la mínima potencia ya que no es necesario más para una óptima calefacción. Este uso representa un consumo de 0.8 Kg/h, una temperatura de trabajo de 50 °C. Además se destaca que el depósito de agua es de 30 litros, que la potencia del ventilador es de 45 W y que puede canalizar hasta 150 m³/h de agua.

- Tuberías

En el apartado 2 se han dimensionado las tuberías de todo el sistema de calefacción. Son necesarios 130 metros de tubería de 42 mm. de diámetro exterior. La instalación de las tuberías también requerirá de ocho codos de 90º para el final de la tubería de abastecimiento y la de retorno, cuatro conexiones de 180º, todas para la sala de maternidad, y ocho uniones en T que unirán los circuitos internos con las tuberías de abastecimiento y retorno.

- Depósito de pellets

La caldera cuenta con una tolva de 45 Kg pero en invierno este depósito se consume en tres días. Para una compra más económica del pellet y para no depender del abastecimiento cada tres días se añade un depósito para 1000 Kg. Durante los meses de mayor demanda calorífica se estima que los 1000 Kg durarán dos meses. El abastecimiento del pellet se hace mediante la compra de un pallet de 70 sacos 15 kg con lo que se compran 1050 kg de pellet.

3.2 Equipo de calefacción mediante aire

Anteriormente se ha calculado el número de generadores necesarios, 6 generadores. Para el abastecimiento de estos generadores se utiliza un depósito de gas de 1000 litros.

El depósito de gas cuenta con un limitador de gases y un filtro de gases que mejorarán el funcionamiento y la eficiencia de la calefacción.

- Generadores

Los generadores son de 15 KW o lo que es lo mismo 13000 kcal/h Estos generadores tienen un consumo de 1.5 l/h La chispa que produce la combustión de gas es producida mediante electricidad por lo que los generadores deben estar conectados a red eléctrica.

- Tuberías

Las canalizaciones de acero serán de material estirado sin soldadura o acero soldado longitudinal o helicoidalmente, de acuerdo con la norma UNE 60309. Serán necesarios 108 de tubería. Los 25 primeros metros estarán enterrados y servirán para unir el depósito con el invernadero. Los tubos de canalización del gas entrarán a través del almacén de pienso ya que es en este lado donde está el depósito y una vez dentro del invernadero la canalización abastecerá a los generadores, además de la tubería serán necesarios dos codos para la tubería en general y dos codos por generador para salvar la distancia entre la canalización (2.8 m) y el generador (1.5 m). La canalización por el almacén se llevará a una altura de 2.8 metros para que no interrumpa la colocación de la malla térmica durante las noches de invierno.

Gracias a los bajos consumos, el caudal instantáneo necesario es mínimo por lo que las tuberías serán de 15 mm de diámetro nominal, este es el mismo diámetro que se utiliza en las instalaciones de gas en las viviendas.

- Depósito

Las instalaciones de almacenamiento de GLP, gases licuados del petróleo, en depósitos fijos se clasifican según la norma UNE 60250. Asimismo, el diseño, fabricación y evaluación de conformidad del equipo que forma parte de la instalación de almacenamiento cumplen lo dispuesto en el Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos a presión, aplicándose el Reglamento de Aparatos a Presión para todo lo no contemplado en dicho Pliego. Los materiales y elementos de las instalaciones cumplen con la norma UNE 60250.

Los depósitos se colocarán en el interior de una caseta para protegerlas de los agentes externos. Deberá tener huecos de ventilación en zonas altas y bajas (a menos de 15 cm del nivel del suelo y de la parte superior de la caseta), con amplitud como mínimo de 1/10 de la superficie de la misma no pudiendo ser una dimensión mayor del doble de la otra.

El depósito tiene una capacidad de 1000 litros y sus dimensiones son de 1000 mm de diámetro y 1470 mm de longitud. Algunas de las características más importantes del depósito son: un capó abatible, boca de carga, indicador de nivel magnético, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, borne de toma de tierra y elementos de protección. Todo ello siguiendo la normativa a cumplir en la actualidad.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Páginas web

Anónimo. *Aislamiento térmico*. Año desconocido. Consultado: 20/08/2015 Disponible en:

<http://www.retak.com.ar/propiedades.htm>

Anónimo. *Generador de precios de la construcción España*. CYPE Ingenieros, S.A. Año 2015.

Consultado: 08/08/2015. Disponible en: <http://www.generadordeprecios.info/>

Anónimo. *Propiedades térmicas de materiales*. Año 2008, Consultado: 02/08/2015. Disponible

en: <http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.asp>

Anónimo. *Sistemas de control climático*. ININSA. Año 2015. Consultado: 12/08/2015.

Disponible en: <http://www.fabricanteinvernaderos.com/equipamientos/sistemas-de-control-climatico/>

Anónimo. *Tuberías de acero al carbono*. VEMACERO. Año desconocido. Consultado:

02/09/2015. Disponible en: <http://www.vemacero.com/Tablas/A53MP.pdf>

Murillo, Juan. *Tubo inoxidable en barra-inoxpres*. 2015. Consultado: 02/08/2015. Disponible

en: <http://www.calemur.es/2009/productos/fontaneria/inoxpres/accesorios-y-tuberia-acero-inox/tubo-inoxidable-en-barra.54139.html>

- Libros y documentos

Anónimo. *Casos prácticos de ventilación*. Año desconocido. Disponible en: <http://www.soler-palau.mx/pdf/casospracticos/cinvernadero.pdf>

Anónimo. *POLIGAL. Manual de especificaciones técnicas*. Año desconocido. Disponible en:

<http://www.polygalsud.cl/documentacion/POLYGAL%20Manual%20de%20Especificaciones%20tecnicas.pdf>

Anónimo. *Tuberías de acero al carbono*. VEMACERO. Año desconocido. Disponible en:

<http://www.vemacero.com/Tablas/A53MP.pdf>

Matallana González, Antonio. *Invernaderos: diseño, construcción y climatización*. Ed: Mundi-

Prensa. Edición: 2ª. Lugar: Madrid. 1995.



UNIVERSITAT JAUME I

Ingeniería Agroalimentaria y del Medio rural

Explotación helicícola a ciclo biológico completo

ANEXO 8:

Refrigeración

ÍNDICE

1. CLIMATIZACIÓN.....	Pág. 3
1.1. Componentes de la carga térmica.....	Pág. 4
1.2. Cálculo de la carga térmica para refrigeración.....	Pág. 5
1.2.1. Cálculo de la carga térmica sensible.....	Pág. 5
1.2.2. Cálculo de la carga térmica latente.....	Pág. 12
2. CLIMATIZACIÓN DE LAS ZONAS PRODUCTIVAS.....	Pág. 15
2.1. Climatización de la sala de maternidad.....	Pág. 15
2.2. Climatización de la sala de incubación-adaptación.....	Pág. 17
2.3. Climatización del invernadero.....	Pág. 20
3. ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.....	Pág. 23
4. RED DE MICRONEBULIZACIÓN.....	Pág. 24
4.1. Dimensionado de las tuberías.....	Pág. 24
5. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 27

1. CLIMATIZACIÓN

Se van a calcular las necesidades de climatización de la zona productiva. A la hora de calcular las necesidades de refrigeración de la sección de producción, esta se dividirá en los distintos recintos de producción. Y dentro de cada recinto se calcularán las distintas cargas térmicas.

Se harán tres cálculos de necesidades refrigerantes. Sala de maternidad, sala de incubación-adaptación y el invernadero o zona de engorde.

Se excluyen de estos cálculos la zona de visitas (oficina, aula de interpretación, aseos) y la planta de acondicionado, ya que en esta sección los caracoles se mantendrán a temperatura ambiente o en cámara frigorífica. Aunque como se ve la tabla siguiente (tabla 1) y según la norma DIN 1946 estos locales deben tener una cierta renovación de aire.

Local	Nº renovaciones de aire/hora
Vestuarios	6-8
WC	8-15
Oficinas	4-8
Aulas	5-7
Cuartos de máquinas	10-40
Almacén	5-8

Tabla 1. Renovaciones de aire según local. Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html> (modificado)

Lo primero que hay que hacer es conocer la carga térmica del recinto y cuando se habla de carga térmica sobre un edificio, se entiende que se habla de un fenómeno que tiende a modificar la temperatura interior del aire o su contenido en humedad.

En este sentido se puede establecer una primera clasificación de las cargas térmicas, según su incidencia.

- Cargas térmicas sensibles: Aquellas que van a originar una variación en la temperatura del aire.

- Cargas térmicas latentes: Las que van a originar una variación en la humedad absoluta del ambiente (contenido de agua en el aire).

Por otro lado, el conocimiento de las cargas térmicas es imprescindible, como paso previo para acometer la tarea de diseñar el sistema de acondicionamiento del aire interior de un edificio, dependencia o local.

Precisamente en el diseño de un sistema de aire acondicionado habrá que calcular las cargas térmicas para las situaciones de diseño de verano y de invierno, dimensionando la instalación para la situación más desfavorable.

1.1 Componentes de la carga térmica

Según la procedencia se pueden distinguir dos grandes grupos de cargas térmicas.

- Cargas térmicas procedentes del ambiente exterior del edificio:

A su vez, las cargas térmicas externas pueden ser de diversos tipos.

- Cargas a través de cerramientos
- Cargas a través de superficies acristaladas, ventanas y claraboyas
- Cargas introducidas a través de la ventilación
- Cargas debidas a infiltración

- Cargas térmicas generadas en el interior del edificio.

A su vez, las cargas térmicas internas pueden ser de diversos tipos.

- Cargas generadas por las personas
- Cargas de iluminación
- Cargas generadas por equipos eléctricos, informáticos, etc.
- Otras cargas generadas en el interior

1.2 Cálculo de la carga térmica para refrigeración

El cálculo de la carga térmica de refrigeración (Q_r) es necesario para saber la capacidad de refrigeración de los aparatos de aire acondicionado que se deben utilizar, y en última instancia de su potencia eléctrica de consumo.

La carga térmica total de refrigeración (Q_r) de un local se obtiene de la siguiente expresión.

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

- Q_s : Es la carga térmica sensible (W)
- Q_l : Es la carga térmica latente (W)

En los siguientes apartados se expone cómo calcular las cargas térmicas sensible y latente que se transmiten al local, con objeto de sumarlas y obtener de esta forma la carga térmica total.

➤ 1.2.1 Cálculo de la carga térmica sensible

Para el cálculo de la carga térmica sensible (Q_s) se emplea la siguiente expresión.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

- Q_{sr} : Es el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W)
- Q_{str} : Es la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W)
- Q_{st} : Es la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W)
- Q_{si} : Es la carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W)
- Q_{sai} : Es la carga sensible debida a aportaciones internas (W)

Por lo tanto, el cálculo de la carga sensible se basa en calcular cada una de las diferentes cargas anteriores y sumaras, obteniéndose así el valor de la carga sensible total. Y esto es precisamente lo que se va a realizar en los próximos apartados.

- Carga por radiación solar a través de cristal (Q_{sr})

La radiación solar atraviesa las superficies traslúcidas y transparentes e incide sobre las superficies interiores del local, calentándolas, lo que a su vez incrementa la temperatura del ambiente interior.

La carga térmica por radiación a través de cristales y superficies traslúcidas (Q_{sr}) se calcula como sigue.

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F$$

- Q_{sr} : Es la carga térmica por radiación solar a través de cristal, en W
- S: Es la superficie traslúcida o acristalada expuesta a la radiación, en m^2
- R: Es la radiación solar que atraviesa la superficie, en W/m^2 , correspondiente a la orientación, mes y latitud del lugar considerado
- F: Es el factor de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio empleado en la ventana, efectos de sombras que pueda existir, etc. Este valor se puede obtener del documento "CTE-DB HE Ahorro de energía".

- Carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (Q_{str})

La carga por transmisión y radiación que se transmite a través de las paredes y techos opacos que limitan con el exterior (Q_{str}) se calcula como sigue.

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i)$$

- Q_{str} : Es la carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores, en W
- K: Es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en $W/m^2\text{°C}$
- S: Es la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas, en m^2
- T_i : Es la temperatura interior de diseño del local (°C)
- T_{ec} : Es la temperatura exterior de cálculo al otro lado del local (°C)

Para obtener el valor de la temperatura exterior de cálculo (T_{ec}) se parte a su vez de la llamada temperatura exterior de diseño (T_e). La temperatura exterior de diseño (T_e) se calcula teniendo en cuenta la temperatura media del mes más cálido (T_{me}) y la temperatura máxima del mes más cálido ($T_{m\acute{a}x}$) del lugar, a partir de la siguiente expresión.

$$\text{Temperatura exterior de diseño, } T_e = 0,4 * T_{me} + 0,6 * T_{m\acute{a}x}$$

La temperatura exterior de cálculo (T_{ec}) se calculará finalmente a partir de la temperatura exterior de diseño (T_e) y de la orientación que tenga el cerramiento que se está considerando, a partir de la siguiente tabla.

Orientación	Temperatura exterior de cálculo (T_{ec}) en °C
Norte	$0,6 \cdot T_e$
Sur	T_e
Este	$0,8 \cdot T_e$
Oeste	$0,9 \cdot T_e$
Cubierta	$T_e + 12$
Suelo	$(T_e + 15) / 2$
Paredes interiores	$T_e - 0,75$

Tabla 2. Temperatura exterior de cálculo (T_{ec}).
Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>

- Carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (Q_{st})

La carga por transmisión a través de los cerramientos interiores del local que lo limitan con otras estancias del edificio (Q_{st}) se calcula aplicando la expresión siguiente.

$$Q_{st} = K \cdot S \cdot (T_e - T_i)$$

- Q_{st} : Es la carga por transmisión a través de los cerramientos interiores, en W
- K: Es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en $W/m^2\text{°C}$
- S: Es la superficie del cerramiento interior
- T_e : Es la temperatura de diseño al otro lado del cerramiento (°C)
- T_i : Es la temperatura interior de diseño del local (°C)

Como temperatura interior de diseño (T_i) se pueden tomar los valores indicados en la tabla 2 anterior, que recoge las condiciones de diseño para la temperatura y humedad relativa del aire interior, según las estaciones del año.

Por último, para elegir la temperatura exterior de diseño (T_e) correspondiente a las estancias del edificio que limitan con el local de cálculo, se tendrá en cuenta los usos dados a estas estancias.

- Carga transmitida por infiltraciones de aire exterior (Q_{si})

La carga transmitida por infiltraciones y ventilación de aire exterior (Q_{si}) se determina mediante la siguiente expresión. Ahora bien, este sumatorio se va a desestimar ya que en los momentos en los que la climatización esté puesta no se va a abrir la ventana y todas las renovaciones serán a través de la puerta, por lo que el aire exterior no tendrá ningún efecto sobre la climatización. Pese a ello se explica cómo calcular la esta carga por si en un futuro es necesario tenerla en cuenta.

$$Q_{si} = V \cdot \rho \cdot C_{e,aire} \cdot \Delta T$$

- Q_{si} : Es la carga térmica por infiltración y ventilación de aire exterior (W)
- V : Es el caudal de aire infiltrado y de ventilación (m^3/s)
- ρ : Es la densidad del aire, de valor $1,18 \text{ kg}/m^3$
- $C_{e,aire}$: Es el calor específico del aire, de valor $1012 \text{ J}/\text{kg}^\circ\text{C}$
- ΔT : Es la diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior

El cálculo del caudal mínimo requerido de ventilación de aire exterior es inmediato a partir de los datos de renovaciones.

$$V \text{ (m}^3/\text{h)} = v \cdot N$$

- v : Es el volumen que ocupa el local o establecimiento en m^3
- N : Es el número de renovaciones por hora.

De esta manera, una vez obtenido el caudal de ventilación de aire del exterior que entra en el local y aplicando la formulación anterior se puede obtener la carga térmica debida a ventilación e infiltración.

- Carga sensible por aportaciones internas (Q_{sai})

La ganancia de carga sensible debida a las aportaciones internas del local (Q_{sai}) se determina a su vez como suma de las siguientes tipos de cargas que se generan dentro del mismo.

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

- Q_{sil} : Es el valor de la ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W)
- Q_{sp} : Es la ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local (W)
- Q_{se} : Es la ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, como aparatos eléctricos, ordenadores, etc. (W)

- Carga sensible por iluminación (Q_{sil})

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación interior del establecimiento se considerará que la potencia íntegra de las lámparas de iluminación se transformará en calor sensible.

En el caso de las lámparas de tipo fluorescente o de descarga se multiplicará la potencia total de todas las lámparas por 1,25 para considerar el consumo complementario de las reactancias.

- Lámparas incandescentes:

$$Q_{sil,incandescente} = n \cdot Pot_{Lámp. incandescente}$$

Siendo n el número de lámparas de tipo incandescentes colocadas.

- Lámparas de descarga o fluorescentes:

$$Q_{sil,descarga} = 1,25 \cdot n \cdot Pot_{Lámp. descarga}$$

Siendo n el número de lámparas fluorescentes colocadas.

- Lámparas LED:

$$Q_{sil,LED} = n \cdot Pot_{Lámp.LED}$$

El cálculo de la carga térmica sensibles por iluminación de lámparas LED se hace igual que el de las incandescentes ya que las LED son las más eficientes por lo que haciéndolo de esta forma siempre estaremos del lado de la seguridad.

La ganancia de carga sensible por iluminación se obtendrá como la suma de las anteriores:

$$Q_{sil} = Q_{sil,incandescente} + Q_{sil,descarga} + Q_{sil.LED}$$

- Carga sensible por ocupantes (Q_{sp})

Para calcular la carga sensible que aporta cada persona (Q_{sp}), es necesario conocer previamente las distintas cargas térmicas que origina.

- Radiación: Debido a que la temperatura media del cuerpo es superior a la de los objetos que le rodean.

- Convección: Ya que la superficie de la piel se encuentra a mayor temperatura que el aire que la rodea, creándose pequeñas corrientes de convección que aportan calor al aire.

- Conducción: Originada a partir del contacto del cuerpo con otros elementos que le rodeen.

- Respiración: Lo que origina un aporte de calor por el aire exhalado, que se encuentra a mayor temperatura. Aquí se produce también un aporte de vapor de agua que aumentará la humedad relativa del aire.

- Evaporación cutánea: Este aporte de calor puede ser importante en verano.

La carga por ocupación tiene, por tanto, una componente sensible y otra latente, debido ésta última tanto a la respiración como a la transpiración. En ambos casos habrá que tener en cuenta el número de ocupantes de la estancia.

En la tabla siguiente se indican los valores de calor latente y sensible, en kcal/h, desprendido por una persona según la actividad y la temperatura existente en el local.

ACTIVIDAD REALIZADA	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo. Escuela.	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero. Instituto.	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista, actividad ligera.	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie. Tienda.	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea. Banco.	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario.	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero taller.	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina.	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila.	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso.	115	250	120	250	125	245	130	230

Tabla 3. Calor latente y sensible desprendido por personas.
Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>

La expresión para obtener el calor sensible de aporte por la ocupación del local sería la siguiente.

$$Q_{sp} = n \cdot C_{sensible, persona}$$

- n: Es el número de personas que se espera que ocupen el local
 - $C_{sensible, persona}$: Es el calor sensible por persona y actividad que realice, según la tabla 4
- Carga sensible por aparatos eléctricos (Q_{se})

Para el cálculo de la carga térmica aportada por la maquinaria, equipos y demás electrodomésticos presentes en el espacio climatizado del local se considerará que la potencia integra de funcionamiento de las máquinas y equipos presente en ese recinto se transformará en calor sensible.

Por otro lado, todos los equipos y electrodomésticos se considera que no funcionarán todos a la vez, por lo que se le afectará de un coeficiente de simultaneidad del 0,75 a la suma obtenida de todas las potencias.

$$Q_{se} = \sum Pot. * 0.75$$

- Carga sensible total (Q_s)

La carga sensible total (Q_s) aportada al local es la suma de todas las anteriores:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

➤ 1.2.2 Cálculo de la carga térmica latente

Para el cálculo de la carga térmica latente (Q_l) se emplea la siguiente expresión:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$$

- Q_{li} : Es la carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W)
- Q_{lp} : Es la carga latente debida a la ocupación del local (W)

Por lo tanto, el cálculo de la carga latente se basa en calcular cada una de las diferentes cargas anteriores y sumarlas, obteniéndose así el valor de la carga latente total. Y esto es precisamente lo que se va a realizar en los próximos apartados.

- Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (Q_{li})

La carga latente transmitida por infiltraciones y ventilación de aire exterior (Q_{li}) se determina mediante la siguiente expresión. De nuevo, no se va a tener en cuenta la infiltración de aire exterior por lo que la carga térmica latente únicamente estará compuesta por un término. Pese a ello, se explica cómo se calcula por si en algún momento se tuviera en cuenta.

$$Q_{li} = V \cdot \rho \cdot C_{l,agua} \cdot \Delta w$$

- Q_{li} : Es la carga térmica latente por ventilación de aire exterior (W)
- V: Es el caudal de aire infiltrado y ventilación (m^3/s)
- ρ : Es la densidad del aire, de valor $1,18 \text{ kg}/m^3$
- $C_{l,agua}$: Es el calor específico del agua, de valor $2257 \text{ kJ}/\text{kg}$
- Δw : Es la diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior

De esta manera, una vez obtenido el caudal de ventilación de aire del exterior que entra en el local y aplicando la formulación anterior se puede obtener la carga térmica latente debida a ventilación e infiltración en el local.

- Carga latente por ocupación (Q_{lp})

La carga latente por ocupación del local (Q_{lp}) se determina multiplicando la valoración del calor latente emitido por la persona-tipo y por el número de ocupantes previstos para el local.

Como se ha visto en la anterior tabla, tabla 4, se indican los valores de calor latente y sensible, en kcal/h, desprendido por una persona según la actividad y la temperatura existente en el local.

La expresión para obtener el calor latente de aporte por la ocupación del local sería la siguiente.

$$Q_{lp} = n \cdot C_{\text{latente, persona}}$$

- n: Es el número de personas que se espera que ocupen el local
- $C_{\text{latente, persona}}$: Es el calor latente por persona y actividad que realice, según la tabla 4

- Carga latente total (Q_l)

La carga latente total (Q_l) aportada al local es la suma de todas las anteriores.

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$$

2. CLIMATIZACIÓN DE LAS ZONAS PRODUCTIVAS

El cálculo de las necesidades de refrigeración se va a realizar únicamente en las zonas de producción por los requisitos especiales que necesita, para dependencias como la oficina o el aula de interpretación se utilizará un fancoil, comúnmente conocido como aire acondicionado, que cumpla las necesidades de refrigeración pero también de calefacción de las dependencias..

A la hora del cálculo de las necesidades de ventilación y refrigeración de cada uno de los recintos de producción se ha seguido el modelo de cálculo explicado en el anterior apartado.

Hay que tener en cuenta que el cálculo de estas necesidades se ha realizado para el mes de Agosto, más caluroso del año, y por lo tanto se obtendrán las máximas necesidades.

2.1 Climatización de la sala de maternidad

Para hacer el cálculo de ventilación y refrigeración, de cualquier sala, el primer paso es conocer la fórmula que nos llevará a obtener el dato final.

La carga térmica total de refrigeración se obtiene a partir de la siguiente fórmula.

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

Pero cada sumatorio está subdividido en diversos sumatorios, en este caso en concreto la carga sensible está compuesta por cuatro componentes y la latente únicamente por uno.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{sai}$$

$$Q_l = Q_{lp}$$

A continuación se obtendrán los diversos sumatorios de los dos componentes de la fórmula inicial.

En primer lugar se calculan los componentes de la carga térmica sensible (Q_s) y en segundo lugar los de la carga térmica latente (Q_l).

La carga térmica sensible estará compuesta por 4 términos, los cuales se van a calcular a continuación. Para empezar se obtiene el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas.

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F = 0.75 \cdot 11388.88 \cdot 1 = \mathbf{1041.66 \text{ W/h}}$$

- $S = 0.75 \text{ m}^2$, la ventana hace $0.75 \cdot 1 \text{ m}$
- $R = 1388.88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$, $5 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{h} = 1388.88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$
- $F = 1$

En segundo lugar se calcula la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores.

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i) = 1.74 \cdot 12 \cdot (20.54 - 20) = \mathbf{11.3 \text{ W/ 24h} = \mathbf{0.47 \text{ W/h}}}$$

- $K = 1.74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$, coeficiente de transmitancia de ladrillo revocado por ambas caras
- $S = 12 \text{ m}^2$, $h = 3 \text{ m}$ y $l = 4 \text{ m}$
- $T_{ec} = T_e \cdot C_{orientación} = 34.24 \cdot 0.6 = 20.54 \text{ °C}$
 - Temperatura exterior de diseño, $T_e = 0.4 \cdot T_{me} + 0.6 \cdot T_{máx} = 0.4 \cdot 25.6 + 0.6 \cdot 40 = 34.24$
 - $C_{orientación} = 0.6$, cerramiento dirección norte.
- $T_i = 20 \text{ °C}$

Posteriormente se determina el resultado de la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores.

$$Q_{st} = K \cdot S \cdot (T_e - T_i) = 1.74 \cdot 103.5 \cdot (34.24 - 20) = \mathbf{2565.48 \text{ W /24h} = \mathbf{106.9 \text{ W/h}}}$$

- $K = 1.74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
- $S = 103.5 \text{ m}^2$, Muro exterior + techo + suelo.

- Temperatura exterior de diseño, $T_e = 0,4 \cdot T_{me} + 0,6 \cdot T_{m\acute{a}x} = 0,4 \cdot 25,6 + 0,6 \cdot 40 = 34,24 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Finalmente se calcula la carga sensible debida a aportaciones internas.

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se} = 390 + 133,74 = \mathbf{523,74 \text{ W/h}}$$

- $Q_{sil} = n \cdot \text{Pot}_{\text{L\acute{a}mp.LED}} = 12 \cdot 32,5 = 390 \text{ W/h}$
- $Q_{sp} = n \cdot C_{\text{sensible, persona}} = 1 \cdot 133,74 \text{ W/h}$ (115 Kcal persona caminando)
- $Q_{se} = \sum \text{Pot.} \cdot 0,75 = 0 \text{ W}$, la parte que genera calor del fancoil está en el exterior

Tras obtener los diversos componentes de la carga térmica sensible se suman para obtener el valor final.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{sai} = \mathbf{1672,83 \text{ W/h}}$$

Ahora pasamos a calcular la carga térmica latente que dependerá exclusivamente de la carga latente debida a la ocupación del local (Q_{lp}).

$$Q_{lp} = n \cdot C_{\text{latente, persona}} = 1 \cdot 116,3 \text{ W/h} \text{ (100 kcal de persona que camina)} = \mathbf{116,3 \text{ W/h}}$$

$$Q_l = Q_{lp} = \mathbf{116,3 \text{ W/h}}$$

Ahora ya se ha obtenido el valor por separado de las dos cargas, la sensible y la latente, por lo que se pueden sumar para obtener el valor final de la carga térmica de refrigeración.

$$Q_r = Q_s + Q_l = \mathbf{1789,13 \text{ W/h}}$$

2.2 Climatización de la sala de incubación-adaptación

El cálculo de las diversas cargas en las cuales se divide la carga térmica de refrigeración se hace de la misma forma que en el apartado anterior. Por lo tanto se va seguir la misma estructura de cálculo y se va a calcular directamente las diversas cargas que forman parte de la carga sensible de refrigeración.

La primera carga sensible viene referida a la radiación solar a través de las ventanas.

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F = 0.75 \cdot 1388.88 \cdot 1 = \mathbf{1041.66 \text{ W/h}}$$

- $S = 0.75 \text{ m}^2$, la ventana hace $0.75 \cdot 1 \text{ m}$
- $R = 1388.88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$, $5 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{h} = 1388.88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$
- $F = 1$

Tras el cálculo de la primera carga sensible se calcula la carga debida a la trasmisión a través de las paredes y techos exteriores.

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i) = 1.74 \cdot 6 \cdot (20.54 - 21) = \mathbf{4.8 \text{ W/24h} = 0.2 \text{ W/h}}$$

- $K = 1.74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
- $S = 6 \text{ m}^2$, $l = 2 \text{ m}$. y $h = 3 \text{ m}$.
- $T_{ec} = T_e \cdot C_{orientación} = 34.24 \cdot 0.6 = 20.54 \text{ °C}$
 - Temperatura exterior de diseño, $T_e = 0.4 \cdot T_{me} + 0.6 \cdot T_{máx} = 0.4 \cdot 25.6 + 0.6 \cdot 40 = 34.24$
 - $C_{orientación} = 0.6$
- $T_i = 21 \text{ °C}$

*La diferencia de temperatura va en valor absoluto

En tercer lugar se calcula la carga térmica sensible por transmisión a través de las paredes, techo, suelo y puertas interiores.

$$Q_{st} = K \cdot S \cdot (T_e - T_i) = 1.74 \cdot 76 \cdot (34.24 - 21) = \mathbf{1750.86 \text{ W/24h} = 27.95 \text{ W/h}}$$

- $K = 1.74 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $S = 76 \text{ m}^2$, Muros exteriores + techo + suelo.
- Temperatura exterior de diseño, $T_e = 0,4 \cdot T_{me} + 0,6 \cdot T_{m\acute{a}x} = 0,4 \cdot 25,6 + 0,6 \cdot 40 = 34,24 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_i = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$

Como último cálculo dentro de la carga sensible se debe obtener la carga como consecuencia de aportaciones internas.

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se} = 260 + 133,74 = \mathbf{393,74 \text{ W/h}}$$

- $Q_{sil} = n \cdot \text{Pot}_{\text{Lámp.LED}} = 8 \cdot 32,5 = 260 \text{ W/h}$
- $Q_{sp} = n \cdot C_{\text{sensible,persona}} = 1 \cdot 133,74 \text{ W/h}$ (115 Kcal de persona que camina)
- $Q_{se} = \sum \text{Pot} \cdot 0,75 = 0 \text{ W}$, la parte productora de calor está en el exterior.

Ahora ya se han calculado todas las cargas sensibles y se obtiene la carga sensible total.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{sai} = \mathbf{1463,55 \text{ W/h}}$$

A continuación se hace el cálculo de la carga térmica latente de refrigeración.

$$Q_l = Q_{lp} = n \cdot C_{\text{latente,pers.}} = 1 \cdot 116,3 \text{ W/h} \text{ (100 kcal de persona que camina)} = \mathbf{116,3 \text{ W/h}}$$

Tras conocer la carga sensible total y la latente total se suman para obtener la carga térmica de refrigeración de esta segunda sala.

$$Q_r = Q_s + Q_l = \mathbf{1629,85 \text{ W}}$$

2.3 Climatización del invernadero

De nuevo se va a seguir los mismos pasos que en los casos anteriores. El invernadero únicamente está a pleno rendimiento los meses impares, por lo que para hacer los cálculos de refrigeración se cogerá el mes de julio, ya que es el mes impar más caluroso, y no el de agosto como se ha hecho en los apartados anteriores.

La carga térmica total de refrigeración se obtiene a partir de la fórmula siguiente.

$$Q_r = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai} + Q_{li} + Q_{lp}$$

A continuación se obtendrán los diversos sumatorios que componen la carga térmica total.

Para empezar se obtiene el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies de ventana.

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F = 157 \cdot 1388.88 \cdot 1 = \mathbf{218054.16 \text{ W/h}}$$

- $S = 157 \text{ m}^2$, la ventana hace $1.57 \cdot 50 \text{ m} \cdot 2$ laterales
- $R = 1388.88 \text{ W/m}^2\cdot\text{h}$, $5 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{h}$
- $F = 1$

A continuación se obtiene la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores.

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i) = 3.5 \cdot 702 \cdot (29.1 - 23) = \mathbf{14987.7 \text{ W} \cdot 24\text{h} = \mathbf{624.5 \text{ W/h}}}$$

- $K = 3.5 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$, coeficiente de transmitancia del policarbonato
- $S = 702 \text{ m}^2$, $(2 \cdot 54 \cdot 4.5) + (36 \cdot 4.5) + (36 \cdot 1.5)$. El último término son los 36 m. longitudinales por 1.5 m. desde el techo de las instalaciones de obra hasta los 4.5 m. de altura del muro.

- $T_{ec} = T_e \cdot C_{orientación} = 34.24 \cdot 0.85 = 29.1 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Temperatura exterior de diseño, $T_e = 0,4 \cdot T_{me} + 0,6 \cdot T_{máx} = 0,4 \cdot 25.6 + 0,6 \cdot 40 = 34.24$
- $C_{orientación} = 0.85$, media de los coeficientes oeste y este ya que es donde dan los laterales más grandes
- $T_i =$ valor promedio de $23 \text{ } ^\circ\text{C}$

En tercer lugar se calcula la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores.

$$Q_{st} = K \cdot S \cdot (T_e - T_i) = 3.5 \cdot 4598.64 \cdot (34.24 - 23) = \mathbf{180910.5 \text{ W/24h} = 7537.94 \text{ W/h}}$$

- $K = 3.5 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $S = 4598.64 \text{ m}^2$, paredes exteriores + techo + suelo, $(2 \cdot 54 \cdot 4.5) + (2 \cdot 36 \cdot 4.5) + (54 \cdot 36) + (4.27 \cdot 54 \cdot 8)$. El último término hace referencia al techo, el invernadero es capilla por lo que el techo tiene 8 paredes de $4.27 \cdot 54 \text{ m.}$, 4.7 se obtiene a partir de Pitágoras conociendo que medio pórtico son 4.5 m y la altura del techo 1.5 m. verticales.
- Temperatura exterior de diseño, $T_e = 0,4 \cdot T_{me} + 0,6 \cdot T_{máx} = 0,4 \cdot 25.6 + 0,6 \cdot 40 = 34.24 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_i =$ valor promedio de $23 \text{ } ^\circ\text{C}$

Finalmente se calcula la carga sensible debida a aportaciones internas.

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se} = 133.74 + 67500 = \mathbf{67513.74 \text{ W}}$$

- $Q_{sil} = n \cdot \text{Pot}_{Lámp} = 0 \text{ W}$
- $Q_{sp} = n \cdot C_{sensible, persona} = 1 \cdot 133.74 \text{ W/h}$ (115 Kcal de persona que camina)
- $Q_{se} = \sum \text{Pot.} \cdot 0.75 = 15000 \cdot 6 \cdot 0.75 = 67500 \text{ W/h}$

Tras obtener los diversos componentes de la carga térmica sensible se suman para obtener el valor final.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{sai} = 293730.34 \text{ W/h}$$

La carga térmica latente, dependerá de la carga latente debida a la ocupación del local (Q_{lp}).

$$Q_l = Q_{lp} = n \cdot C_{latente, persona} = 1 \cdot 116.3 \text{ w/h (100 kcal de persona que camina)} = 116.3 \text{ W/h}$$

Ahora ya se ha obtenido el valor por separado de las dos cargas, la sensible y la latente, por lo que se pueden sumar para obtener el valor final de la carga térmica de refrigeración.

$$Q_r = Q_s + Q_l = 293846.64 \text{ W/h}$$

3. ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

Las salas de maternidad y de incubación-adaptación tienen unas necesidades de refrigeración bastante bajas. Ahora bien, ambas salas tienen unas necesidades de temperatura y de humedad muy concretas por lo que no se podrá aclimatar los recintos mediante la ventilación natural.

La sala de maternidad tiene unas necesidades de refrigeración de 1.79 kW/h y la sala de incubación-adaptación requiere 1.63 kW/h.

Para aportar las condiciones idóneas de temperatura en la sala de maternidad se utilizará un fancoil de dos tubos con una potencia frigorífica de 2.2 kW y un caudal de aire de 400 m³/h.

En la sala de incubación-adaptación las necesidades frigoríficas se cubrirán con un fancoil similar al anterior pero de potencia nominal 1.65 kW y un caudal de aire nominal de 220 m³/h, aunque de forma muy justa este fancoil cumple con las necesidades en los peores momentos por lo que no es necesario utilizar un fancoil con potencia superior.

Ambos fancoil puede utilizarse para la calefacción y aunque en principio no están diseñados para ello en momentos puntuales se podría utilizar para mejorar las condiciones ambientales.

El invernadero no necesita equipos de refrigeración ya que los caracoles soportan temperaturas de hasta 30 grados. Cuando esta temperatura se supere se disminuirá con la malla de sombreado y las ventanas y en momentos extremos se puede llegar a utilizar la micronebulización para disminuir todavía más la temperatura dentro del invernadero.

4. RED DE MICRONEBULIZACIÓN

El uso de fancoils para proporcionar la temperatura idónea en las salas de maternidad e incubación-adaptación disminuye la humedad de la sala. Los fancoil para disminuir la temperatura absorben aire, le quitan la humedad, lo enfrían y lo devuelven a la sala, este proceso provoca que la humedad de la sala disminuya de forma severa. Para contrarrestar esta bajada de la humedad se utilizará una red de micronebulización controlada por el programa de control del riego mediante un sensor higrométrico. En el plano 9 “Plano de la instalación de micronebulización para la refrigeración” se puede ver la distribución de las tuberías.

4.1 Dimensionado de las tuberías

Lo primero es determinar el caudal la pluviometría, la cual debe estar dentro de unos límites marcados por el caudal mínimo, 5-7 mm/h, y el máximo que depende del suelo, como es suelo de hormigón se elegirá el aspersor con menos caudal ya que no se quiere encharcar el suelo.

$$5 - 7 \text{ mm/h} < P < Vf * Cp \rightarrow 5 \text{ mm/h} < P < \text{mínimo posible}$$

La siguiente tabla muestra el catálogo de aspersores. De ellos se elige el número 3 con una pluviometría de 5.2 mm/h y un caudal de 77.2/h

Precipitation & Uniformities at 30 psi (2.07 bar)

Nozzle # & Color	Flow Rate		10 x 10 ft (3 x 3 m)			10 x 16 ft (3 x 5 m)		
	gph	(L/hr)	in/hr	(mm/hr)	CU	in/hr	(mm/hr)	CU
#3 - Ice	20.4	77.2	0.339	8.6	96%	0.205	5.2	93%
#4 - Light Blue	36.6	138.5	0.602	15.3	96%	0.362	9.2	93%
#5 - Beige	57.0	215.8	0.941	23.9	98%	0.563	14.3	93%
#6 - Gold	81.6	308.9	1.354	34.4	95%	0.811	20.6	94%

Uniformities calculated with WinSipp2 Software. Other spacing options available on WinSIPP2 or by consulting factory.

Tabla 1. Aspersores y características de estos.

Fuente: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/senninger%20inverted.pdf

Tras conocer el caudal se obtiene el número de aspersores.

$$n_{asp} = \frac{1}{S_{asp}} = \frac{1}{15} = 0.067 \text{ asp/m}^2$$

- Sasp: Superficie efectiva mojada por el aspersor

La sala de maternidad tiene 40 m² y la sala de incubación tiene 20 m².

$$n_{asp, maternidad} = 0.067 \text{ asp/m}^2 * 40 \text{ m}^2 = 2.7 \text{ asp/maternidad}$$

$$n_{asp, incub.} = 0.067 \text{ asp/m}^2 * 20 \text{ m}^2 = 1.34 \text{ asp/incub.}$$

Se pondrán 3 aspersores en la sala de maternidad y únicamente 1 en la sala de incubación.

Lo siguiente es calcular la dosis que dependerá del tiempo, se estima que será de 5 h ya que será durante las horas centrales del día cuando más calor hace.

$$D = P * t = 5.2 * 5 = 26 \text{ mm/aspersión}$$

Finalmente se calcula el caudal requerido tanto en los laterales como en la tubería principal. Las necesidades de riego totales son iguales a la dosis ya que la aspersión tiene un intervalo de 1 día. Las necesidades de riego totales es igual a la dosis.

En primer lugar se calculará el caudal de las tuberías de la sala de maternidad y posteriormente se hará lo mismo con la sala de incubación.

$$Q_{necesario, m} = \frac{NRt * S * I}{t} = \frac{26 * 45 * 1}{5} = 234 \text{ l/h}$$

$$Q_{necesario,i} = \frac{NRt * S * I}{t} = \frac{26 * 20 * 1}{5} = 104 \text{ l/h}$$

- S: Superficie a regar

Después de haber obtenido los caudales que deben circular por las tuberías de los microaspersores se dimensionan estas tuberías. Para ello los caudales se deben pasar a m³/h.

$$Q_{maternidad} = 234 \text{ l/h} = 0.234 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{incubación} = 104 \text{ l/h} = 0.104 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ahora ya se puede dimensionar las tuberías, para ello se utilizará la tabla 2. El material utilizado es el polietileno de baja densidad.

Ambos sistemas de micronebulización tendrás tuberías de 12.5 mm de diámetro exterior con una presión de 3 bares ya que estas tuberías pueden llevar hasta 0.4 m³/h.

Las tuberías de aspersión van colgadas a 2.5 metros de alturas por lo que la presión puede verse afectada. Para una presión adecuada se colocará un sostenedor de presión a la entrada de la sala, un calderín para controlar de forma adecuada la presión y una electroválvula de apertura y cierre.

TABLA DE CAUDALES MÁXIMOS											
CAUDAL EN M ³ /H V=1.5 M/S											
Ø	Polietileno baja densidad				Polietileno alta densidad				P.V.C		
	Goteo 3 bares	4 bares	6 bares	10 bares	4 bares	6 bares	10 bares	16 bares	6 bares	10 bares	16 bares
12,5	0,4										
16	0,8		0,6				0,6				
17	0,9										
20	1,2		0,9	0,7			1,1				
25	2,1	1,8	1,6	1,1			1,8	1,4	2,5	2,0	
32	3,3	3,1	2,5	1,7		3,3	2,9	2,3	3,7	3,2	
40		4,8	4,1	2,8		5,3	4,5	3,6	6,0	5,3	4,8
50		7,5	6,2	4,5	9,0	8,2	7,1	5,6	8,5	8,0	11,9
63		11,9	10,1	7,1	14,4	13,0	11,2	8,9	16,0	13,0	16,9
75		16,9	14,0	10,1	20,3	18,5	16,0	12,6	24,0	18,0	26,9
90		24,4			29,2	26,6	23,0	18,1	32,0	27,6	24,4
110					43,8	39,7	34,4	27,0	49,0	41,4	36,2
125					56,5	51,5	44,3	35,0	60,0	53,6	46,8
140					70,8	64,6	55,7	43,6	75,0	67,1	
160					94,4	84,3	72,5	56,9	100,0	86,9	

Tabla 2. Tabla de caudales máximos. Fuente: <http://elriego.com/informacion-tecnica/tablas/>

5. BIBLIOGRAFÍA

- Páginas web

Anónimo. *Tutorial nº 251. Ventilación y refrigeración de aire interior en los edificios*. 2015.

Consultado: 16/08/2015. Disponible en:

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn251.html>

- Libros y documentos

Anónimo. *Cálculo de cargas*. Año desconocido. Disponible en:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4183/fichero/2.-+anexo+calculo%252F5.-+calculo++cargas+termicas.pdf>

Anónimo. *Documento Básico HE. Ahorro de energía*. 2013. Disponible en:

http://www.apabcn.cat/Documentacio/areatecnica/legislacio/CTE_DB_HE.pdf

Anónimo. *Mapa eólico de la comunidad valenciana*. Ed: MINISTERIO DE INDÚSTRIA, TURISMO

Y COMERCIO. 2009. Disponible en:

http://atlaseolico.idae.es/inc/get_map.php?pdf=sta80_es-cv

Matallana González, Antonio. *Invernaderos: diseño, construcción y climatización*. Ed: Mundi-

Prensa. Edición: 2ª. Lugar: Madrid. 1995.



UNIVERSITAT JAUME I

Ingeniería Agroalimentaria y del Medio rural

Explotación helicícola a ciclo biológico completo

ANEXO 9:

Instalaciones eléctricas e iluminación

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	Pág. 5
2. DATOS DE PARTIDA.....	Pág. 6
2.1. Geometría del local.....	Pág. 6
2.2. Niveles de iluminación recomendados.....	Pág. 7
3. LÁMPARAS Y LUMINARIAS.....	Pág. 9
3.1. Selección del tipo.....	Pág. 9
3.2. Eficiencia.....	Pág. 16
3.3. Color.....	Pág. 17
3.4. Grados de protección mecánica (IP).....	Pág. 20
3.5. Grados de protección eléctrica.....	Pág. 20
4. NECESIDADES LUMÍNICAS Y DIMENSIONADO DEL CABLEADO.....	Pág. 21
4.1. Necesidades lumínicas del almacén del pienso.....	Pág. 24
4.1.1. Dimensionado del cableado del almacén del pienso.....	Pág. 28
4.2. Necesidades lumínicas de la sala almacén de los reproductores....	Pág. 29
4.2.1. Dimensionado del cableado de la sala almacén de los reproductores.....	Pág. 34
4.3. Necesidades lumínicas del almacén.....	Pág. 35
4.3.1. Dimensionado del cableado del almacén.....	Pág. 39
4.4. Necesidades lumínicas de la sala de incubación-adaptación.....	Pág. 40
4.4.1. Dimensionado del cableado de la sala de incubación-adaptación.....	Pág. 43
4.5. Necesidades lumínicas de la sala de maternidad.....	Pág. 44

4.5.1.	Dimensionado del cableado de la sala de maternidad...	Pág. 47
4.6.	Necesidades lumínicas de la sala de máquinas.....	Pág. 48
4.6.1.	Dimensionado del cableado de la sala de máquinas.....	Pág. 51
4.7.	Necesidades lumínicas del aula de interpretación.....	Pág. 52
4.7.1.	Dimensionado del cableado del aula de interpretación.....	Pág. 56
4.8.	Necesidades lumínicas del almacén de limpieza.....	Pág. 56
4.8.1.	Dimensionado del cableado del almacén de limpieza...	Pág. 60
4.9.	Necesidades lumínicas de los aseos.....	Pág. 61
4.9.1.	Dimensionado del cableado del aseo de hombres.....	Pág. 66
4.9.2.	Dimensionado del cableado del aseo de mujeres.....	Pág. 66
4.10.	Necesidades lumínicas del pasillo de la entrada.....	Pág. 67
4.10.1.	Dimensionado del cableado del pasillo de la entrada....	Pág. 71
4.11.	Necesidades lumínicas del pasillo del aula.....	Pág. 72
4.11.1.	Dimensionado del cableado del pasillo del aula.....	Pág. 75
4.12.	Necesidades lumínicas de los vestuarios.....	Pág. 76
4.12.1.	Dimensionado del cableado del pasillo de los vestuario.....	Pág. 82
4.12.2.	Dimensionado del cableado del vestuario de hombres.....	Pág. 83
4.12.3.	Dimensionado del cableado del vestuario de mujeres.....	Pág. 84
4.13.	Necesidades lumínicas de la oficina.....	Pág. 84
4.13.1.	Dimensionado del cableado de la oficina.....	Pág. 88
4.14.	Necesidades lumínicas de la sala principal de la planta de acondicionado.....	Pág. 89

4.14.1.	Dimensionado del cableado de la sala principal de la planta de acondicionado.....	Pág. 93
4.15.	Necesidades lumínicas del pasillo de la p. a.....	Pág. 94
4.15.1.	Dimensionado del cableado del pasillo de la p. a.....	Pág. 97
4.16.	Necesidades lumínicas de la sala de purgado de la p. a.....	Pág. 97
4.16.1.	Dimensionado del cableado de la sala de purgado de la p.a.....	Pág. 101
4.17.	Necesidades lumínicas del vestuario de la p. a.....	Pág. 102
4.17.1.	Dimensionado del cableado del vestuario de la p. a...Pág.	106
4.18.	Necesidades lumínicas del almacén de envases de la p. a.....	Pág. 106
4.18.1.	Dimensionado del cableado del almacén de envases de la p. a.....	Pág. 110
4.19.	Necesidades lumínicas del almacén de limpieza de la p. a.....	Pág. 111
4.19.1.	Dimensionado del cableado del almacén de limpieza de la p. a.....	Pág. 114
4.20.	Necesidades lumínicas de la cámara frigorífica de la p. a.....	Pág. 115
4.20.1.	Dimensionado del cableado de la cámara frigorífica de la p. a.....	Pág. 119
4.21.	Dimensionado del cableado de los enchufes.....	Pág. 120
4.21.1.	Dimensionado del cableado de los enchufes del invernadero.....	Pág. 120
4.21.2.	Dimensionado del cableado de los enchufes de las instalaciones.....	Pág. 121
4.22.	Dimensionado del cableado de la derivación individual.....	Pág. 122
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 125

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se hace el cálculo de las necesidades lumínicas de cada una de las salas de la instalación. Se destaca que el invernadero se mantiene con las condiciones lumínicas del exterior por lo que no es necesaria la colocación de luminarias.

Los materiales y la ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Alta y Baja Tensión y Normas BT. complementarias.

Este anexo está compuesto por 3 bloques, en el primer bloque se hace una explicación de los conceptos más determinantes para los diversos cálculos, en el segundo bloque se hace el cálculo de las luminarias necesarias en cada recinto y finalmente en el tercer bloque se obtiene el dimensionado de la instalación.

2. DATOS DE PARTIDA

Dentro del primer bloque se encuentran los datos de partida y las luminarias, estos dos aspectos son los datos básicos para el cálculo de las luminarias necesarias.

2.1. Geometría del local

El primer dato de entrada que es necesario conocer son las dimensiones geométricas del local, tanto en superficie (largo x ancho) como en altura, h .

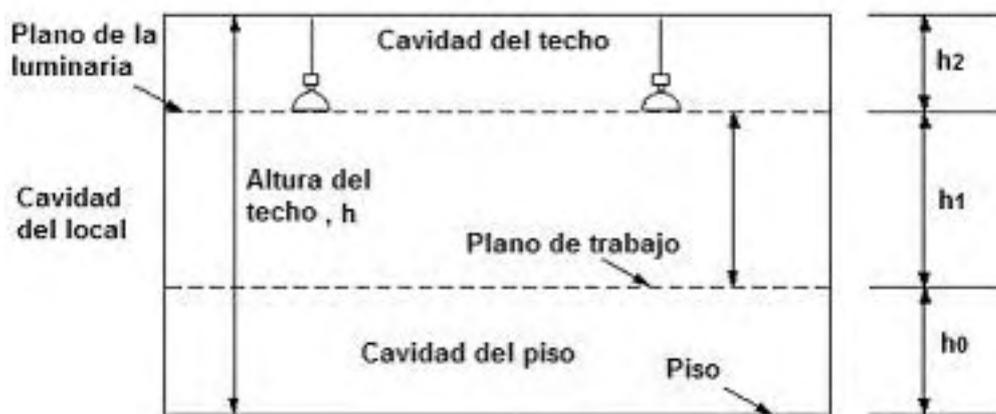


Fig. 1. Geometría del local.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

Por otro lado, también habrá que decidir cuál va a ser la altura del plano de trabajo, según la actividad principal que se vaya a realizar en el local. Aunque, una buena aproximación es tomar el valor de 0,85 metros como altura del plano de trabajo medida desde el piso, se adjuntan otros valores más precisos de la altura del plano de trabajo según la actividad principal a realizar en el local.



Fig. 2. Alturas del plano de trabajo, actividad sentada.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

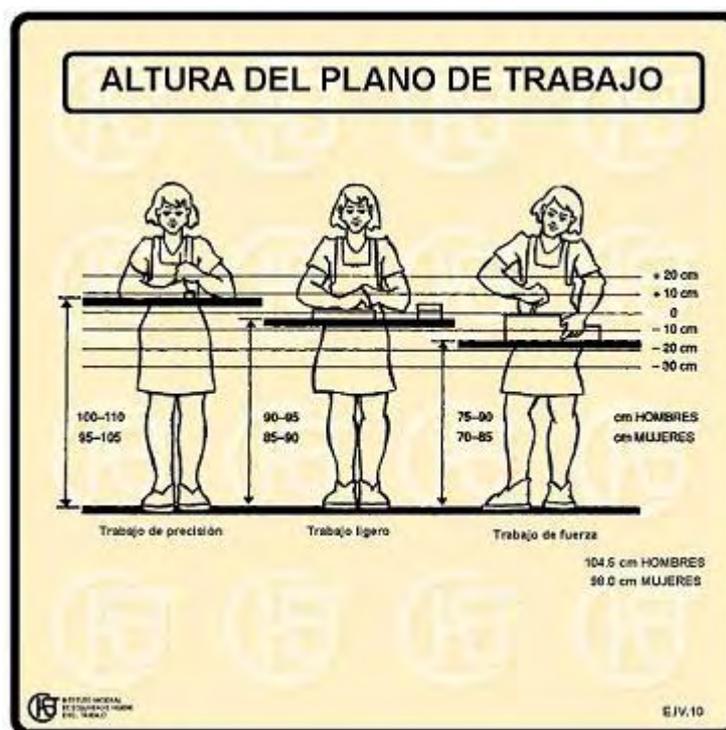


Fig. 3. Alturas del plano de trabajo, actividad de pie.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

2.2. Niveles de iluminación recomendados

En la siguiente tabla, tabla 1, se indican los valores de iluminancia recomendadas según la actividad a realizar y el tipo de local que se trate.

Actividad y Tipo de local	Iluminancia media (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
ZONAS GENERALES DE EDIFICIOS			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes, archivos	100	150	200
CENTROS DOCENTES			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
OFICINAS			
Oficinas generales, mecanografiado, proceso de datos, puestos de datos informatizados, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
COMERCIOS			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
INDUSTRIAS (EN GENERAL)			
Trabajos con requisitos visuales escasos	200	300	500
Trabajos con requisitos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requisitos visuales especiales	1000	1500	2000
VIVIENDAS			
Dormitorios	100	150	200
Aseos y baños	100	150	200
Salas de estar, comedor	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo, de estudio	300	500	750

Tabla 1. Valores de la iluminación recomendados según la actividad y el tipo de local.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

3. LÁMPARAS Y LUMINARIAS

3.1. Selección del tipo

El propósito principal de una lámpara es la de convertir la energía eléctrica en radiación electromagnética visible. En función del método utilizado para la conversión de la energía eléctrica en luz, se distinguen los siguientes tipos de lámparas.

- **Lámparas de incandescencia**

Se basan en el calentamiento de un fino hilo de material de tungsteno, que al hacerle pasar una corriente eléctrica eleva su temperatura hasta alcanzar un rango de entre 2.500 y 3.200 K, emitiendo radiación visible a estas temperaturas.

Color / Forma	Código
Transparente	/C
Esmerilado	/F
Blanco	/W
Rojo	/R
Azul	/B
Verde	/G
Amarillo	/Y
Forma de pera (GLS)	IA
Forma cilíndrica	IB
Forma cónica	IC
Forma de globo	IG
Forma de seta	IM

Tabla 2. Colores y formas comunes de lámparas de incandescencia, con sus códigos del SICL.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

Como una variante de las lámparas de incandescencia están las lámparas halógenas, donde el filamento de tungsteno queda dentro de un gas inerte con gas halógeno (generalmente, yodo o bromo) lo que permite alargar la vida útil del filamento.

Además, dentro del tipo de las lámparas halógenas existe una variedad de halógenos que funcionan a baja tensión (12 o 24 Voltios), pero este tipo de lámparas requieren del uso de un transformador. Dispone de un filamento más corto y grueso, que permite una temperatura de trabajo más alta, aumentando así su rendimiento lumínico. De hecho, las lámparas halógenas tienen un mejor rendimiento que las incandescentes normales, en torno a los 20 lm/W.



Fig. 4. Lámparas halógenas de tungsteno de baja tensión.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

• Lámparas de descarga

En este tipo de lámparas la producción de luz es mucho más eficaz. Estas lámparas contienen un gas en su interior que se excita al hacerles pasar una corriente eléctrica, emitiendo radiaciones. Normalmente se utilizan dos metales, sodio y mercurio, porque dan radiaciones útiles en el espectro visible, aunque no tienen un espectro continuo de emisión. Por ello, la reproducción del color con este tipo de lámparas no será igual a la obtenida con aquellas que emiten en espectros continuos.

A continuación, se adjunta los distintos tipos de lámparas de descarga.

-Lámparas de sodio de baja presión: La radiación característica de este tipo de lámparas es de color amarillo monocromático. Son del tipo de lámparas más eficaces que existen, con un ratio de casi 200 lúmenes/watio de consumo y de una larga vida útil. No obstante, en cuanto a la reproducción de color es la peor valorada, por lo que su aplicación viene condicionada a aquellos casos donde la discriminación de color no tenga importancia visual, como el caso de la iluminación de carreteras, pasos subterráneos y calles residenciales.



Fig. 5. Lámpara de sodio de baja presión.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

-Lámparas de sodio de alta presión: Son lámparas que ofrecen también una excelente eficiencia (superior a los 100 lúmenes/watio de consumo) y una buena constancia del flujo luminoso. Actualmente existen tres tipos de lámparas de sodio de alta presión como se indica en la tabla 3.

Tipo de lámpara	Color (K)	Eficiencia (lúmenes/watio)	Vida útil (horas)
Normal	2000	110	24000
Lujo	2200	80	14000
Blanca (SON)	2500	50	-

Tabla 3. Tipos de lámparas de sodio de alta presión.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>



Fig. 6. Lámpara de sodio de alta presión.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

- **Lámparas de mercurio de baja presión:** En este tipo de lámparas el interior se rellena de una pequeña cantidad de vapor de mercurio, además de un gas de cebado (argón o criptón). También son conocidas como lámparas fluorescentes, debido a que el responsable de emisión de la luz la tiene un fino revestimiento de polvos fluorescentes que irradian luz visible al recibir los rayos ultravioletas que se originan en el interior de la lámpara durante la descarga de corriente a través del gas interior.



Apariencia de color: Tonalidad fría de blancos
 Temperatura de color: 2600 - 6500 K
 Reproducción de color: Ra 50 - Ra 95
 Vida útil: 10000 h

Fig. 7. Lámpara de mercurio de baja presión.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

Tienen mejor eficiencia que las lámparas incandescentes normales y por tanto un bajo consumo, y se caracterizan por emitir una tonalidad fría en el color de la luz.

Las lámparas fluorescentes necesitan de un equipo de control electrónico externo para efectuar el cebado y para regular la corriente de la lámpara.

-**Lámparas de mercurio de alta presión:** Son más compactas y el tubo donde se produce la descarga del arco contiene una pequeña cantidad de mercurio y un aporte de gas inerte para asistir el encendido inicial. El tubo de descarga está hecho de cuarzo para resistir las mayores presiones y temperatura a la que trabajan este tipo de lámparas. El tubo de descarga va a su vez dentro de una envoltura de vidrio en una atmósfera de nitrógeno y argón para reducir la oxidación y el chisporroteo. Para mejorar el aspecto del color de luz que proporciona se le somete al interior de la envoltura de vidrio de un revestimiento fosfórico.



Apariencia de color: blanco
Temperatura de color: 4000 K
Reproducción de color: Ra 45
Vida útil: 16000 h

Fig. 8. Lámpara de mercurio de alta presión.
Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

- **Lámpara de mezcla:** Se trata de una lámpara que deriva de la de mercurio de alta presión, pero que presenta como novedad que incorpora un balasto de tungsteno interno conectado en serie con el tubo de descarga para estabilizar la corriente, en vez de usar uno externo como las convencionales de mercurio de alta presión.



Apariencia de color: blanco
Temperatura de color: 3600 K
Reproducción de color: Ra 60
Vida útil: 6000 h

Fig. 9. Lámpara de luz mezcla.
Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

-**Lámparas de haluros metálicos:** Este tipo de lámparas mejoran el color y rendimiento lumínico de las lámparas de descarga de mercurio, y se consigue añadiendo una cantidad de haluros metálicos además del mercurio.



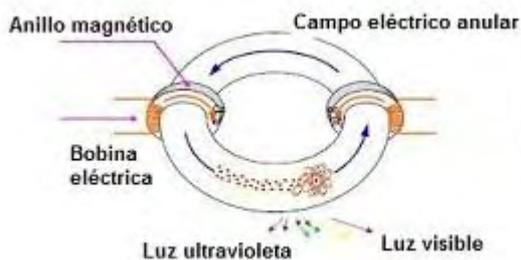
Apariencia de color: blanco frío
 Temperatura de color: 4800 - 6500 K
 Reproducción de color: Ra 65 - Ra 95
 Vida útil: 9000 h

Fig. 10. Lámpara de haluros metálicos.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

Las lámparas de haluros metálicos necesitan de un equipo de control para conseguir el cebado y un funcionamiento correcto de la lámpara.

- **Lámparas de inducción electromagnética:** Son lámparas de mercurio a baja presión con un revestimiento fosfórico por el interior de la envoltura de vidrio. En este caso la ionización del gas interior se realiza por inducción a partir de un campo magnético originado por un generador externo de alta frecuencia. La principal ventaja de este tipo de lámparas es el aumento en su vida útil.



Apariencia de color: diferentes blancos
 Temperatura de color: 2700 - 4000 K
 Reproducción de color: Ra 80
 Vida útil: 60000 h

Fig. 11. Lámpara de inducción electromagnética.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

• Lámparas LED

El término LED significa literalmente diodo emisor de luz (light-emitting diode). Utiliza la llamada tecnología de iluminación de estado sólido (SSL), consistente en emitir luz a partir de un trozo de materia sólida, que en el caso de un LED tradicional es un semiconductor. Esto se consigue a partir de la radiación que emiten los electrones en movimiento dentro de la estructura del semiconductor.



Fig. 12. Lámpara LED. Fuente:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

Las ventajas del empleo de lámparas LED son numerosas, entre las que destacan las siguientes:

- Mayor durabilidad. Las lámparas LED duran 50 veces más que una incandescente, 10 veces más que un tubo fluorescente y 6 veces más que una lámpara de bajo consumo. El LED tiene una vida útil superior a 50.000 horas, lo que significa un gran ahorro en coste por reposición y servicio de mantenimiento.

- Mayor eficiencia, de hasta 4 veces superior a la de una lámpara convencional, posibilitando una iluminación de muy bajo consumo.

- Los LEDs no contienen materiales tóxicos, como mercurio, gases tóxicos o plomo, que afecten de forma negativa al medioambiente.

- Dado que la estructura del propio LED es electrónica, esto permite unas posibilidades de control digital de la intensidad de la luz que emite, desde la posición de apagado al 100% de su flujo, confiriendo un mayor dinamismo y adaptación de la regulación de la luz.

- Una lámpara LED sólo emite luz visible, y no emite radiaciones ultravioletas ni infrarrojas, como sí lo hacen las lámparas de tipo incandescentes, fluorescentes o de descarga. Por lo tanto, una iluminación a base de lámparas LED no produce calentamiento ni deterioro de las piezas que ilumina, por lo que lo hace idónea para iluminar obras de arte, productos sensibles o comestibles, tejidos, etc.

- Alimentación a bajo voltaje que permite su uso en aplicaciones acuáticas, automoción y aeronáutica. También permite su uso en instalaciones generadoras de fuentes renovables (solar, eólica), que generan a baja tensión con lo que se evita tener que emplear transformadores intermedios con las pérdidas de energía que ello supone.

3.2. Eficiencia

La eficiencia aplicada en iluminación sirve para medir qué parte de la potencia total consumida por una lámpara se usa para iluminar. Es decir, es la relación entre el flujo luminoso emitido (en lúmenes) y la potencia consumida (en vatios). La eficiencia representa la parte de potencia útil del total de la potencia consumida por la lámpara.

La elección de lámparas eficientes no debe hacerse nunca a expensas de obtener un menor confort visual, sino que una vez elegido el tipo de lámpara más idóneo para la clase de actividad y local, entonces sí se debe elegir aquellas de entre el mismo tipo que ofrezcan menores pérdidas y presenten una mejor eficiencia.

En la tabla 4, se muestra la serie de rendimientos típicos de algunos tipos de lámparas. El rendimiento o eficiencia representa la parte útil de la potencia total consumida por la lámpara que se convierte en potencia radiante sensible al ojo humano.

Eficiencia de tipos de lámparas	
Lámpara incandescencia de filamento de 100 W	14 lúmenes/watio
Lámpara halógena de tungsteno de baja tensión	20 lúmenes/watio
Lámpara LED de 42 W	88 lúmenes/watio
Tubo fluorescente de 58 W	89 lúmenes/watio
Lámpara de sodio de alta presión de 400 W	125 lúmenes/watio
Lámpara de sodio de baja presión de 131 W	198 lúmenes/watio

Tabla 4. Eficiencia de tipos de lámparas.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

En todo caso, realizar un mantenimiento periódico de la instalación de alumbrado es muy importante. Una limpieza periódica que elimine la acumulación de polvo de las luminarias ayudará a mantener unos niveles de iluminación que no se deteriore durante la vida útil de la lámpara.

En otros casos, conviene no apurar del todo la vida de trabajo de la lámpara. Así, mientras que una bombilla incandescente mantiene su eficiencia hasta prácticamente los momentos previos al fallo, no ocurre lo mismo con las lámparas o tubos fluorescentes, cuyo rendimiento puede sufrir una reducción de hasta 75% después de las primeras mil horas de uso.

3.3 Color

La elección del tipo de color de luz que proporciona una lámpara, también llamada apariencia en color, incide de manera decisiva en la reproducción de los colores de los objetos que ilumina.

La apariencia en color de las lámparas viene determinada por su temperatura de color, que permiten su división en tres grandes grupos.

Temperatura de color, Tc	Apariencia en color
$T_c > 5000 \text{ K}$	Fría o diurna
$3300 \leq T_c \leq 5000 \text{ K}$	Neutra o intermedia
$T_c < 3300 \text{ K}$	Cálida

Tabla 5. Temperaturas y apariencias en color de la luz.
Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

Por otro lado, la apariencia en color no sólo basta para determinar la coloración de la iluminación, y por lo tanto la sensación final. La iluminancia junto con la apariencia en color de la lámpara determinará el aspecto final que observemos.

Iluminancia, E (lux)	Apariencia en color de la luz		
	Cálida	Neutra	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1000$	↕	↕	↕
$1000 < E < 2000$	estimulante	agradable	neutra
$2000 < E < 3000$	↕	↕	↕
$E \geq 3000$	no neutral	estimulante	agradable

Tabla 6. Aspecto final de la iluminación.
Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

La combinación de las dos tablas anteriores es la base para la elección de lámparas de temperatura más fría o más caliente en los recintos de la explotación. En los recintos donde hay caracoles, maternidad e incubación-adaptación, se han seleccionado lámparas 840 que significa que su temperatura de color es 4000 °K, se han seleccionado esta temperatura de color porque dentro del catálogo de Phillips es la más cercana a la luz de día y por lo tanto aparentarán mejor la luz solar. En cambio en las zonas donde no hay caracoles se han seleccionado lámparas con una temperatura de color de 3000 °K, un color más cálido, y además todas las salas o almacenes tienen menos de 750 lux de iluminancia media por lo que la apariencia final de la luz es entre agradable y estimulante según la sala.

Por último, se introduce el llamado índice de rendimiento del color de las lámparas (IRC ó Ra), que mide la calidad de reproducción de los colores. El Comité Español de Iluminación propone el siguiente sistema de clasificación de las lámparas en función del rendimiento del color que ofrezcan.

Grupo	Ra	Apariencia	Aplicaciones
1	Ra ≥ 85	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Neutra	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	70 ≤ Ra < 85	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas cálidos)
		Neutra	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas fríos)
3	Ra < 70		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Para aplicaciones especiales

Tabla 7. Apariencia y rendimientos en color.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>

3.4 Grados de protección mecánica (IP)

El grado de protección que presenta una luminaria contra la entrada de polvo, líquidos o resistencia a golpes se designa, según normas internacionales, por las letras **IP** seguidas de tres dígitos que marcan el grado de protección. A mayor valor del dígito, mayor protección.

El esquema es el siguiente:

IP xyz

x: Indica el nivel o grado de protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos. Toma valores de 0 (sin protección) hasta 6 (máxima protección);

y: Indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Toma valores de 0 (sin protección) hasta 8 (máxima protección);

z: Indica el grado de protección contra los golpes y choques. Puede tomar los valores 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9.

3.5 Grados de protección eléctrica

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias, éstas se clasifican en la clase que se indica en la siguiente tabla.

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra
III	Luminarias para conectar sólo a circuitos de muy baja tensión

Tabla 8. Clase de protección eléctrica.

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>