

**Treball Final de Carrera**

*Control de 6 respiròmetres i anàlisi de les  
dades*

Marc Font Palomera

**Enginyeria d'Organització Industrial**

Director: Moisès Serra Serra

Vic, febrer de 2008



## **1.- Índex**

<b>1.- Índex .....</b>	<b>3</b>
<b>2.- Índex de Figures .....</b>	<b>4</b>
<b>3.- Introducció i objectius.....</b>	<b>7</b>
3.1.- Objectiu.....	7
3.2.- Estructura de la memòria .....	8
<b>4.- Descripció del funcionament del respiròmetre .....</b>	<b>9</b>
4.1.- Respiròmetre amb reactor tipus batch.....	9
4.2.- Preparació de la dissolució .....	10
4.3.- Procés de mostreig .....	12
4.4.- Determinació de la taxa de consum d'oxigen (OUR) .....	13
4.5.- Determinació del substrat ràpidament biodegradable (Ss) .....	13
4.6.- Determinació de la taxa màxima de creixement específic ( $\mu$ H) .....	14
<b>5.- Elements principals de l'aplicació.....</b>	<b>17</b>
5.1.- Respiròmetre .....	18
5.2.- Mòduls Entrada/Sortida.....	22
5.3.- PC-Industrial .....	27
5.4.- TwinCAT .....	28
5.5.- TwinCAT ADS-OCX .....	41
5.6.- Microsoft Office Access.....	47
<b>6.- Descripció de l'aplicació .....</b>	<b>48</b>
6.1.- Descripció de la base de dades .....	49
6.1.1.- Informació generada per l'aplicació .....	49
6.1.2.- Taules de la base de dades .....	53
6.1.3.- Relacions entre les taules de la base de dades.....	58
6.2.- Formularis de control .....	59
6.2.1.- Informació generada per l'aplicació .....	61
6.2.2.- Taules de la base de dades .....	62
6.2.3.- Formulari de control i mostreig dels respiròmetres .....	66
6.2.4.- Formulari d'anàlisi de les dades .....	80
<b>7.- Conclusions .....</b>	<b>102</b>
<b>8.- Bibliografia.....</b>	<b>103</b>

## **2.- Índex de Figures**

<b>Figura 4.1.-</b> Respiròmetre tipus Batch .....	7
<b>Figura 4.2.-</b> Efecte de la relació substrat-biomassa (F/M) sobre el perfil OUR .....	10
<b>Figura 4.3.-</b> Respirometria realitzada utilitzant un control per nivells .....	12
<b>Figura 4.4.-</b> Representació gràfica OUR .....	13
<b>Figura 4.5.-</b> Variació de l'OUR en el temps degut a l'esgotament del substrat en una prova respiromètrica.....	14
<b>Figura 4.6.-</b> Determinació de la taxa màxima de creixement específica ( $\mu H$ ) a partir pels perfils d'OUR .....	16
<b>Figura 5.1.-</b> Elements principals de l'aplicació .....	17
<b>Figura 5.2.-</b> Respiròmetres i unitat de control.....	18
<b>Figura 5.3.-</b> Armari Refrigerat.....	18
<b>Figura 5.4.-</b> Reactor .....	19
<b>Figura 5.5.-</b> Armari amb els oxidòmetres i els actuadors de les vàlvules.....	19
<b>Figura 5.6.-</b> Preactuadors de les vàlvules d'oxigenació.....	20
<b>Figura 5.7.-</b> Oxidòmetre .....	20
<b>Figura 5.8.</b> Sondes d'oxigen dissolt.....	21
<b>Figura 5.9.-</b> Armari amb els oxidòmetres i els actuadors de les vàlvules.....	21
<b>Figura 5.10.-</b> Mòdul BK9000 .....	22
<b>Figura 5.11.-</b> Mòdul KL1104.....	23
<b>Figura 5.12.-</b> Mòdul KL2622.....	23
<b>Figura 5.13.-</b> Mòdul KL3454.....	24
<b>Figura 5.14.-</b> Digitalització senyal analògica entrada.....	24
<b>Figura 5.15.-</b> Mòdul KL3484.....	24
<b>Figura 5.16.-</b> Mòdul entrades/sorties utilitzat en l'aplicació.....	26
<b>Figura 5.17.-</b> PC Industrial utilitzat en l'aplicació .....	27
<b>Figura 5.18.-</b> Icona TwinCAT de la barra d'eines de Windows .....	28
<b>Figura 5.19.-</b> Pantalla System Manager del software TwinCAT.....	29
<b>Figura 5.20.-</b> Configuració E/S de la Pantalla System Manager .....	30
<b>Figura 5.21.-</b> Determinació del bus utilitzat per la connexió de les E/S al PC.....	30
<b>Figura 5.22.-</b> Determinació de les capçaleres connectades al bus de la Pantalla System Manager .....	31
<b>Figura 5.23.-</b> Llistat de les capçaleres connectables al bus al bus de la pantalla System Manager .....	32
<b>Figura 5.24.-</b> Determinació dels mòduls d'entrada/sortida connectats a la capçalera.....	32
<b>Figura 5.25.-</b> Determinació dels mòduls entrada/sortida connectats a la capçalera.....	33
<b>Figura 5.26.-</b> Mòduls disponibles d'entrada/sortida insertables a la capçalera .....	33
<b>Figura 5.27.-</b> Mòduls entrada/sortida configurats des de la pantalla System Manager .....	34



<b>Figura 5.28.-</b> Configuració dels mòduls d'entrada analògica des de la pantalla System Manager .....	35
<b>Figura 5.29.-</b> Configuració de la IP de la capçalera Ethernet configurada des de la pantalla System Manager .....	35
<b>Figura 5.30.-</b> Definició de les entrades/sortides utilitzades a l'aplicació des de la pantalla PLC Control.....	37
<b>Figura 5.31.-</b> Compilació del projecte des de la pantalla PLC Control .....	38
<b>Figura 5.32.-</b> Importació de les variables generades des de PLC Control al System Manager .....	38
<b>Figura 5.33.-</b> Confirmació per importar les variables definides des de PLC Control al System Manager .....	39
<b>Figura 5.34.-</b> Variables importades de l'aplicació de PLC Control al System Manager.....	39
<b>Figura 5.35.-</b> Relacionar variables amb la seva entrada/sotida física des del System Manager .....	40
<b>Figura 5.36.-</b> Obrir el formulari Menú Principal de l'aplicació desenvolupada sobre Microsoft Access .....	41
<b>Figura 5.37.-</b> Insertar control ADS-OCX sobre el formulari de Microsoft Access .....	42
<b>Figura 5.38.-</b> Pantalla de configuració del control ADS-OCX.....	42
<b>Figura 5.39.-</b> Visualització del paràmetre NetId i port de comunicació des del System Manager .....	43
<b>Figura 6.1.-</b> Estructura general de l'aplicació.....	48
<b>Figura 6.2.-</b> Taules de la base de dades Microsoft Access.....	53
<b>Figura 6.3.-</b> Camps de la taula Mostres.....	54
<b>Figura 6.4.-</b> Camps de la taula Respirometries .....	55
<b>Figura 6.5.-</b> Camps de la taula Valors Respirometries.....	56
<b>Figura 6.6.-</b> Camps de la Pendants.....	57
<b>Figura 6.7.-</b> Relacions entre les diferents taules.....	58
<b>Figura 6.8.-</b> Formularis de control creats amb Microsoft Access .....	59
<b>Figura 6.9.-</b> Formulari Menú Principal .....	61
<b>Figura 6.10.-</b> Formularis de mostres d'Aigua Residual, Compost i Llots.....	63
<b>Figura 6.11.-</b> Formularis pel registre de noves mostres d'Aigua Residual, Compost i Llots .	64
<b>Figura 6.12.-</b> Missatge d'error al registrar una mostra amb un codi existent a la Base de Dades.....	65
<b>Figura 6.13.-</b> Missatge d'error al registrar una mostra sense definir el camp Codi Mostra...	65
<b>Figura 6.14.-</b> Pantalla Selecció Respirograma del formulari Respiròmetre 1 .....	66
<b>Figura 6.15.-</b> Pantalla paràmetres respirograma Aigua Residual del formulari Respiròmetre 1.....	67
<b>Figura 6.16.-</b> Pantalla paràmetres respirograma Compost del formulari Respiròmetre 1.....	70
<b>Figura 6.17.-</b> Pantalla de mostreig del formulari Respiròmetre 1 .....	72
<b>Figura 6.18.-</b> Paràmetres del control per Nivells del Respiròmetre.....	75
<b>Figura 6.19.-</b> Diagrama d'estats del control per Nivells del Respiròmetre.....	76

<b>Figura 6.20.-</b> Gràfic del mostreig d'una respirometria utilitzant el control per nivells.....	76
<b>Figura 6.21.-</b> Paràmetres del control per Nivells del Respiròmetre.....	77
<b>Figura 6.22.-</b> Diagrama d'estats del control per Temps del Respiròmetre .....	77
<b>Figura 6.23.-</b> Gràfic del mostreig d'una respirometria utilitzant el control per nivells.....	78
<b>Figura 6.24.-</b> Paràmetres del control per Temps i Nivells del Respiròmetre .....	78
<b>Figura 6.25.-</b> Diagrama d'estats del control per Temps i Nivells del Respiròmetre .....	79
<b>Figura 6.26.-</b> Gràfic del mostreig d'una respirometria utilitzant el control per temps i nivells .....	79
<b>Figura 6.27.-</b> Pantalla Selecció respirograma del formulari Anàlisi Respirogrames .....	80
<b>Figura 6.28.-</b> Arxiu Microsoft Excel d'un respirograma exportat des de la pantalla Anàlisi Respirogrames.....	82
<b>Figura 6.29.-</b> Arxiu Microsoft Excel d'un respirograma exportat des de la pantalla Anàlisi Respirogrames.....	83
<b>Figura 6.30.-</b> Pantalla Càlcul pendents del formulari Anàlisi Respirogrames .....	85
<b>Figura 6.31.-</b> Missatge informatiu de la pantalla d'anàlisi de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames.....	88
<b>Figura 6.32.-</b> Pantalla de determinació de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames...	89
<b>Figura 6.33.-</b> Funció de la recta de regressió utilitzada pel càlcul de OUR.....	90
<b>Figura 6.34.-</b> Paràmetres de la recta de regressió.....	90
<b>Figura 6.35.-</b> Pantalla de determinació de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames...	91
<b>Figura 6.36.-</b> Missatge d'error al no poder determinar cap nou pendent.....	91
<b>Figura 6.37.-</b> Pantalla de determinació de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames...	92
<b>Figura 6.38.-</b> Pantalla càlcul Ss del formulari Anàlisi Respirogrames .....	93
<b>Figura 6.39.-</b> Representació de dos valors consecutius OUR.....	96
<b>Figura 6.40.-</b> Fórmula utilitzada pel càlcul d'àrees.....	96
<b>Figura 6.41.-</b> Representació de dos valors consecutius OUR i la línia base .....	97
<b>Figura 6.42.-</b> Fórmula utilitzada pel càlcul del paràmetre Base .....	97
<b>Figura 6.43.-</b> Fórmula utilitzada pel càlcul del paràmetre Ss .....	98
<b>Figura 6.44.-</b> Pantalla càlcul $\mu$ H del formulari Anàlisi Respirogrames.....	99
<b>Figura 6.45.-</b> Fórmula utilitzada pel càlcul del paràmetre $\mu$ H.....	101

### **3.- Introducció i objectius**

La innovació en els sistemes d'avaluació de tractaments biològics d'aigües residuals ha premés l'aparició i desenvolupament de tècniques respiromètriques, amb les que es pot analitzar el creixement de la biomassa i el consum de nutrients dins el reactor biològic. Aquest projecte pretén desenvolupar una aplicació que permeti el control d'aquestes respirometries i l'anàlisi de les dades obtingudes, per tal d'obtenir el substrat ràpidament biodegradable ( $S_s$ ) i la taxa màxima de creixement específic ( $\mu_H$ ).

L'aplicació desenvolupada captura les lectures dels sensors i controla els actuadors de 6 respiròmetres, per tal de gestionar el mostreig de les respirometries de forma automàtica i emmagatzemar les dades, per el seu posterior anàlisi. Aquest es realitzarà des de la mateixa aplicació, determinant la taxa de consum d'oxigen (OUR) de les mostres prèviament registrades, per calcular el paràmetre  $S_s$  en el cas de respirometries realitzades amb mostres d'aigua residual, o el paràmetre  $\mu_H$  per a respirometries de compost.

Per tal de connectar els sensors i actuadors dels 6 respiròmetres, s'han utilitzat mòduls del fabricant Beckhoff, connectats al PC-Industrial on s'executa l'aplicació. La configuració d'aquests mòduls s'ha realitzat a través del programa TwinCAT, subministrat pel mateix fabricant, que alhora ens ofereix el control ADS-OCX, com a interfície entre les entrades i sortides connectades als mòduls i l'aplicació desenvolupada sobre l'entorn Microsoft Access. Aquest entorn integra la base de dades on es registren les mostres i els resultats de les respirometries, i els formularis de control que permeten controlar els respiròmetres i realitzar l'anàlisi de les dades.

#### **3.1.- Objectiu**

L'objectiu principal d'aquest projecte es el desenvolupament d'una aplicació capaç de gestionar el mostreig de 6 respiròmetres i que permeti l'anàlisi de les dades obtingudes, per determinar el substrat ràpidament biodegradable ( $S_s$ ), per a respirometries d'aigua residual, i la taxa màxima de creixement específic ( $\mu_H$ ), per a respirometries de compost. Per assolir aquest objectiu es realitzaran les següents tasques:

- Configurar els mòduls d'entrades i sortides, on es connecten els sensors i actuadors dels 6 respiròmetres, a través del programa TwinCAT.
- Configurar el control ADS-OCX, per tal de capturar les lectures dels sensors i controlar el funcionament de les vàlvules dels 6 respiròmetres, des de l'aplicació desenvolupada amb Microsoft Access.
- Desenvolupar una aplicació sobre l'entorn Microsoft Access, que gestioni de forma automàtica el procés de mostreig de les respirometries, controlant els sensors i actuadors dels 6 respiròmetres i emmagatzemant les dades a una base de dades per el seu posterior anàlisi.
- Sobre la mateixa aplicació, desenvolupar nous formularis de control que ens permetin l'anàlisi de les mostres registrades en el procés de mostreig, o importades des d'una aplicació externa, per la determinació de la taxa de consum d'oxigen (OUR).
- Un cop calculada la taxa de consum d'oxigen, desenvolupar nous formularis, que ens permetin determinar el substrat ràpidament biodegradable ( $S_s$ ), per a respirometries d'aigua residual, i la taxa màxima de creixement específic ( $\mu_H$ ), per a respirometries de compost.

### **3.2.- Estructura de la memòria**

Per la realització de la present memòria, s'ha dividit el projecte en diferents apartats:

➤ **Apartat 4: Descripció del funcionament del respiròmetre**

En aquest primer apartat, es pretén descriure les principals característiques dels respiròmetres, i la metodologia utilitzada en el mostreig i l'anàlisi de les dades, per tal de determinar la taxa de consum d'oxigen (OUR), el substrat ràpidament biodegradable (Ss) i la taxa màxima de creixement específic ( $\mu H$ ).

➤ **Apartat 5: Construcció del respiròmetre**

En aquest apartat es descriuen les principals característiques dels elements utilitzats en la construcció dels respiròmetres i la metodologia utilitzada en la configuració del programa TwinCAT i el control ADS-OCX. A través d'aquest programa i control, capturem les lectures dels sensors i controlem les vàlvules dels respiròmetres des de l'aplicació desenvolupada amb Microsoft Access.

➤ **Apartat 6: Descripció de l'aplicació**

En aquest apartat es fa una descripció detallada de l'aplicació desenvolupada utilitzant l'entorn Microsoft Access. Es descriu la base de dades creada, per tal d'emmagatzemar les dades provinents dels mostreigs i anàlisis de les respirometries, i els formularis de control creats per controlar els respiròmetres i realitzar l'anàlisi de les dades obtingudes.

➤ **Apartat 7: Conclusions**

## 4.- Descripció del funcionament del respiròmetre

Aquest projecte pretén desenvolupar un software capaç de controlar 6 respiròmetres, que ens permeti realitzar el mostreig d'una respirometria d'aigua residual o compost, i realitzar l'anàlisi de les mostres obtingudes, per tal de determinar el Substrat ràpidament biodegradable de l'aigua residual (Ss) i la taxa màxima de creixement específica de la biomassa heterotròfica de compost ( $\mu H$ ).

### 4.1.- Respiròmetre amb reactor tipus batch

El respiròmetre es l'aparell que ens permet mesurar la taxa de consum d'oxigen (OUR), en el temps, d'una manera normalitzada. El tipus de respiròmetre implementat en aquest projecte es amb reactor tipus batch.

Cadascun dels 6 respiròmetres implementats està compost pels següents elements:

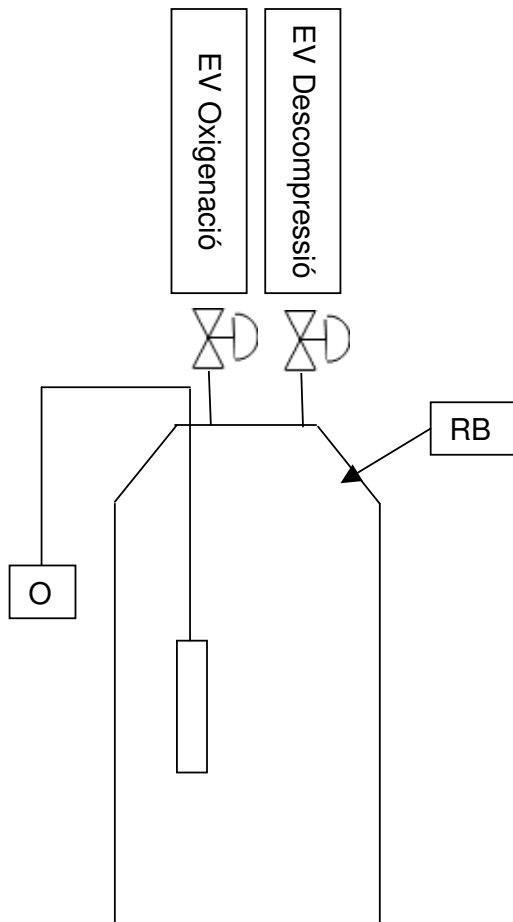


Figura 4.1.- Respiròmetre tipus Batch

- **Reactor Batch o Biològic (RB):** Recipient cilíndric de vidre pyrex de 25 cm d'alçada, 10 cm de diàmetre i amb un volum màxim de 1350 ml, que conté la mostra analitzada.
- **Oxiòmetre (O):** Format per l'electrode i el lector. L'electrode d'oxigen, situat a l'interior del reactor Batch, és el dispositiu electroquímic que produeix una petita corrent elèctrica la magnitud de la qual depèn de la concentració d'oxigen dissolt (OD) en l'aigua. Aquest senyal es rebut pel lector, que l'amplifica i entrega una lectura continua de la concentració d'oxigen dins el reactor. Per la comunicació entre el lector i l'aplicació desenvolupada, hem utilitzat el senyal analògic de sortida 4-20mA lliurat pel lector (4mA = 0 mg O<sub>2</sub>, 20mA = 20 mg O<sub>2</sub>). L'oxiòmetre utilitzat en l'aplicació ens proporciona també la temperatura de la dissolució, lliurant la lectura a través d'una segona sortida analògica 4-20mA (4mA = 0°C, 20mA = 100 °C).
- **Vàlvula d'oxigenació:** Mitjançant aquesta vàlvula, controlada a través d'un senyal digital 0-24Vdc, injectem oxigen dins la dissolució.
- **Vàlvula de descompressió:** Mitjançant aquesta vàlvula, controlada a través d'un senyal digital 0-24Vdc, permetem la descompressió del reactor quan oxigenem la dissolució.

Els 6 respiròmetres estan situats dins un armari refrigerat que permet mantenir una temperatura uniforme d'uns 20 °C.

Un cop preparada la dissolució es col·locarà dins el reactor batch i l'aplicació serà l'encarregada de controlar les vàlvules d'oxigenació i descompressió, realitzant lectures contínues de la quantitat d'oxigen dissolt i la temperatura, per emmagatzemant-les a una base de dades, fet que ens permetrà la posterior visualització i anàlisi.

#### **4.2.- Preparació de la dissolució**

Les proves respiromètriques realitzades per a l'aplicació, s'han encaminat per una banda a la caracterització de l'aigua residual, determinant el contingut de matèria ràpidament biodegradable (S<sub>s</sub>), i per altre, a la caracterització de la biomassa heterotròfica (compost), determinant la taxa màxima de creixement específic (μH).

Els principis operacionals dels dos tipus de respirometries, són semblants, i consisteixen en la preselecció dels volums d'aigua residual de l'afluent i dels fangs activats del reactor biològic, obtenint una relació entre el substrat i els microorganismes (F/M) òptima per a l'avaluació del paràmetre a determinar. Posteriorment s'afegirà el volum preseleccionat de llots i el reactiu d'Alitiourea (ATU) per inhibir la nitrificació, i després de 5 minuts, s'addicionarà el volum restant d'aigua residual. Posteriorment, es tancarà el reactor batch i s'iniciarà la prova respiromètrica.

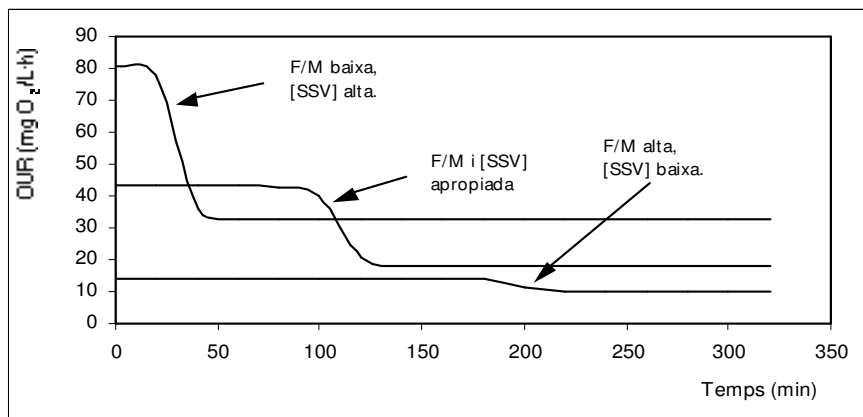
#### **- Determinació de la càrrega massica (F/M)**

La mesura precisa de la taxa de consum d'oxigen (OUR) depèn de la correcta selecció de la relació inicial entre el substrat (F) i la biomassa (M) definida com:

$$\frac{F}{M} = \frac{V_{ww} C_T}{V_{ml} X_T} \quad \text{on:}$$

$C_T$	: DQO de l'aigua residual (mgO <sub>2</sub> /L)
$X_T$	: SSV del líquid mescla (mg/L)
$V_{ml}$	: Volum llots (mL)
$V_{ww}$	: Volum aigua residual (mL)
F/M	: relació substrat/microorganismes

Les proves respiromètriques realitzades es basen en la detecció dels punts de canvi de la velocitat de consum d'oxigen (Figura 4.2). La F/M afecta a aquesta velocitat ja que si la relació és alta s'obtenen respirogrames molt ràpids, on és difícil representar acuradament l'alt nivell inicial de l'OUR. Mentre que si és baixa, el respirograma és lent, i la diferència entre el nivell alt i baix pot no ser quantificada clarament.



[Font: Adaptada de Ekama et al., 1986]

**Figura 4.2.- Efecte de la relació substrat-biomassa (F/M) sobre el perfil OUR**

Per exemple, per a la determinació del substrat ràpidament biodegradable (S<sub>s</sub>), es recomana iniciar el test amb una relació F/M entre 1 i 1,5 vegades la fracció activa (f<sub>a</sub>) de la biomassa. Aquest valor ha d'incloure la disminució de l'OUR entre 1-2 hores després d'iniciar el test:

$$f_a = 1.41 \theta_x^{-0.53}$$

on:

$$1 \cdot f_a \leq F/M \leq 1.5 \cdot f_a$$

f<sub>a</sub>: fracció activa de la biomassa (mg/L)  
 θ<sub>x</sub>: temps de retenció de sòlids (dies)

Considerant, per exemple, un temps de retenció de sòlids de 3 dies, la fracció activa corresponent serà 7,05 mg/L. Aquesta fracció activa, ens defineix els límits màxims i mínims del paràmetre F/M:

F/M Mínim	F/M Màxim
7,05 mg/L	10,58 mg/L

Considerant els següents valors com a exemple:

SSV = 303,6 mg/L  
 DQO = 837,3 mg O<sub>2</sub>/L  
 Volum total de la dissolució (Volum d'aigua residual + Volum de llots) = 1000 ml

Introduint els valors anteriors, a la fórmula de F/M obtenim els següents sistemes d'equacions:

$$\begin{cases} 7,05 = \frac{V_{ww}}{V_{ml}} \frac{837,3}{303,6} \\ 1000 = V_{ww} + V_{ml} \end{cases} \quad \begin{cases} 10,58 = \frac{V_{ww}}{V_{ml}} \frac{837,3}{303,6} \\ 1000 = V_{ww} + V_{ml} \end{cases}$$

Resolent els sistemes d'equacions anteriors obtenim els següents volums:

	Mínim	Màxim
F/M	7,05	10,58
Volum aigua residual (V <sub>ml</sub> )	718,94	793,34
Volum llots (V <sub>ww</sub> )	281,06	206,66

A la taula calculada, podem observar que per obtenir un valor de F/M entre 1 i 1,5 vegades la fracció activa, hem de dissoldre un volum d'aigua residual entre 718,94 i 793,34 ml amb un volum de llots entre 281,06 i 206,66 ml.

### 4.3.- Procés de mostreig

El procés de mostreig consisteix en obtenir les lectures d'oxigen dissolt (OD) entregades per l'oxiòmetre, i registrar-les dins la base de dades per la seva posterior visualització i anàlisi. La freqüència en que es registraran aquestes dades, serà un paràmetre ajustable des de l'aplicació desenvolupada, i es donarà la possibilitat de registrar directament el valor obtingut de l'oxiòmetre, o un valor promitjat obtingut d'un conjunt de mostres.

La finalitat principal del mostreig consisteix en determinar la velocitat en que la matèria biodegradable de la dissolució es consumida pels microorganismes. Per determinar aquesta velocitat, analitzem i controlarem la quantitat d'oxigen present dins el reactor, considerant que una major activitat dels microorganismes incideix directament en el consum d'oxigen dels mateixos. Per poder determinar aquesta velocitat, controlarem les vàlvules d'oxigenació i descompressió del reactor, utilitzant el que anomenarem control per nivells. Aquest tipus de control, oxigena la dissolució, obrint la vàlvula d'oxigenació i la descompressió, fins que la lectura d'oxigen arriba a un nivell màxim. En aquest moment es tanquen les vàlvules, i es registra el consum d'oxigen dels microorganismes, fins arribar a un nivell mínim d'oxigen, on es repetirà el cicle tornant a oxigenar la dissolució fins a un nivell màxim d'oxigen. El resultat d'una respirometria utilitzant aquest tipus de control, es pot veure en el gràfic representat en la Figura 4.3. En aquest gràfic podem comprovar que el nivell mínim d'oxigen que inicia una oxigenació es de  $3 \text{ mgO}_2/\text{L}$  i el nivell màxim que l'atura es a  $8 \text{ mgO}_2/\text{L}$ .

Cadascuna de les rectes ascendents representades en el gràfic de la Figura 4.3 correspon a una oxigenació (vàlvula d'oxigenació i descompressió activades) i les descendents representen el consum d'oxigen per part dels microorganismes. Aquestes rectes descendents seran les utilitzades pel càlcul de la taxa de consum d'oxigen (OUR).

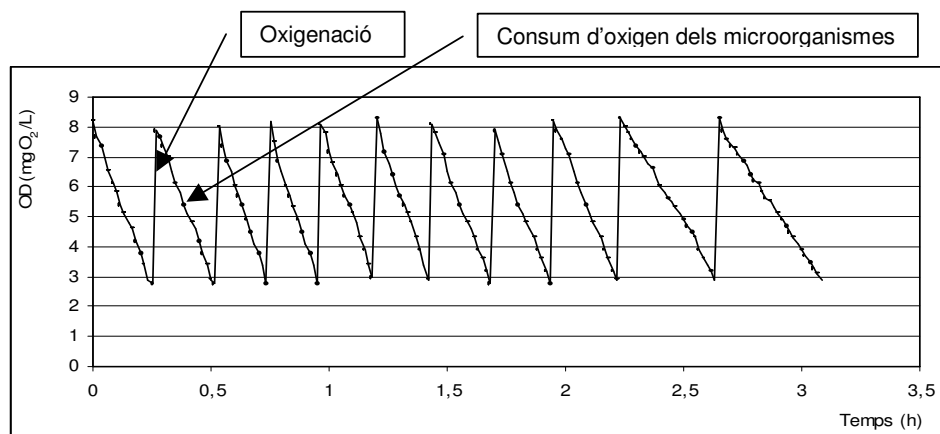


Figura 4.3.- Respirometria realitzada utilitzant un control per nivells

S'ha comentat el funcionament i el resultat d'una respirometria utilitzant el control per nivells, tot i això, l'aplicació desenvolupada dona la possibilitat de treballar amb altres tipus de control, comentats en l'apartat "6.- Descripció de l'aplicació".

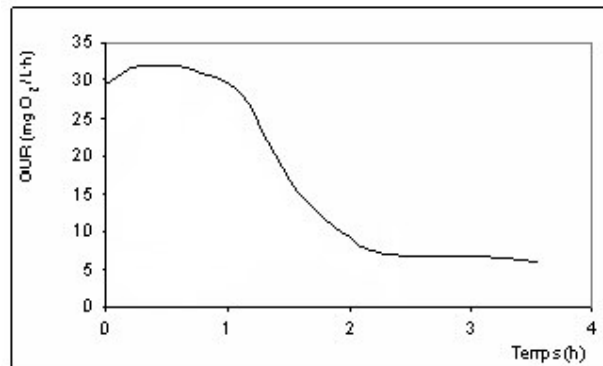


#### **4.4.- Determinació de la taxa de consum d'oxigen (OUR)**

La taxa de consum d'oxigen (OUR) representa la velocitat en que els microorganismes consumeixen l'oxigen del reactor. Calcularem la taxa de consum d'oxigen per cadascun dels trams compresos entre dues oxigenacions (rectes descendents representades a la Figura 4.3), ajustant les mostres a una recta ( $y=mx+b$ ) per mínims quadrats. Es considerarà que la recta està ben ajustada si presenta un coeficient de correlació ( $r^2$ ) superior a 0,85. La taxa de consum d'oxigen correspon al valor absolut del pendent (m) de la recta ajustada.

Cadascun dels valors OUR calculats tindrà assignat un temps, determinat pel promig dels temps de les mostres utilitzades per determinar-lo. Agafant com exemple el gràfic representat a la Figura 4.3, obtindríem 11 valors OUR corresponents a les 11 rectes descendents representades en el gràfic.

El gràfic representat a la Figura 4.4 ens mostra una representació gràfica dels valors OUR calculats. Aquest gràfic serà el punt de partida per tal de calcular el substrat ràpidament biodegradable ( $S_s$ ) i la taxa màxima de creixement específic ( $\mu_H$ ).

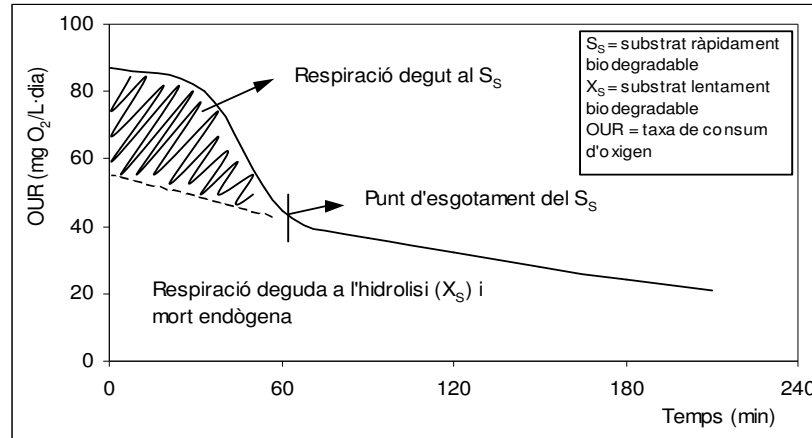


**Figura 4.4.- Representació gràfica OUR**

#### **4.5.- Determinació del Substrat ràpidament biodegradable ( $S_s$ )**

La matèria orgànica present a l'aigua residual es pot caracteritzar a partir del requeriment químic d'oxigen (RQO), que permet l'equivalència d'electrons entre substrat, biomassa i oxigen. Els sistemes aeròbics de tractament de l'aigua residual es caracteritzen per mantenir la biomassa heterotròfica en creixement constant, de manera que s'assoleixi l'eliminació de la matèria orgànica present en l'aigua residual. Una millor comprensió de la naturalesa i composició del substrat orgànic, dirigint-lo al fraccionament del RQO en funció de la seva constitució i biodegradabilitat, permet un millor coneixement del funcionament dels sistemes de fangs activats, així com la possibilitat real d'aplicació de models matemàtics de simulació.

El fraccionament del RQO en una part de components biodegradables i d'altres no biodegradables va ser introduïda en base a les primeres observacions per Echkhoff & Jenkins (1967). Aquesta apreciació és l'origen del model bisubstrat en el qual hi ha una diferenciació entre els graus de biodegradabilitat del substrat disponible pels microorganismes. Així doncs, en un mateix substrat hi ha una part ràpidament biodegradable i una altre part lentament biodegradable, associat a una variació en la taxa de consum d'oxigen ràpid i lent respectivament. La variació d'aquesta taxa és mostra gràficament a la Figura 4.5.



[Font: Adaptada de KAPPELER J., GUJER W., 1992]

**Figura 4.5.-** Variació de l'OUR en el temps degut a l'esgotament del substrat en una prova respiromètrica

En un cultiu *batch*, amb una quantitat limitada de matèria ràpidament biodegradable, la taxa de consum d'oxigen (OUR) inicial es manté constant en un període en el qual el  $S_s$  és suficientment alt com per mantenir una taxa de creixement màxima. L'OUR disminueix dràsticament degut a l'esgotament del substrat ràpidament biodegradable, produint-se la respiració deguda al substrat lentament biodegradable ( $X_s$ ) i a la mort endògena.

La possibilitat de diferenciació entre dues taxes de consum, segons el tipus de substrat consumit, és la base conceptual per a la determinació de  $S_s$ , ja que pot considerar-se que la respiració deguda a la respiració endògena és negligible comparada amb el creixement [ORHON ET AL., 1995].

Obtindrem el valor del paràmetre  $S_s$  aplicant la següent equació:

$$S_s [\text{mg O}_2/\text{L}] = \frac{\Delta O_2}{1 - Y_H} \cdot \frac{V_{ml} + V_{ww}}{V_{ww}} \quad \text{on:}$$

$\Delta O_2$  : Area OUR, substrat ràpidament biodegradable ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )  
 $Y_H$ : coeficient de producció heterotròfic  
 $V_{ml}$ : volum de llots (mL)  
 $V_{ww}$ : volum d'aigua residual (mL)

#### **4.6.- Determinació de la taxa màxima de creixement específic ( $\mu_H$ )**

Els mètodes clàssics d'aproximació, basats en el model monosubstrat, segueixen la metodologia convencional de la mesura global del substrat (RQO) i la biomassa (SSV). La dificultat en la interpretació de les mesures del RQO i dels SSV ha impulsat al desenvolupament de procediments experimentals, els quals estan estructurats per acceptar les necessitats dels recents models multicomponents. Aquests models es basen en la utilització de tècniques respiromètriques per l'obtenció de les constants cinètiques.

Amb la introducció dels models matemàtics multicomponents, ha estat possible implicar, apart del substrat biodegradable i biomassa activa, components no biodegradables i productes microbiològics residuals [HENZE ET AL., 1987. ARTAN, 1994].

La determinació de la taxa màxima de creixement específic ( $\mu_H$ ) a partir de la taxa de consum d'oxigen en un reactor batch, es defineix segons la següent equació:

$$OUR(t) = -\left[(1 - Y_H) / Y_H\right] \mu_{H \max} \cdot X_H(t) - (1 - f_{X_p}) \cdot b_H \cdot X_H(t) \quad (\text{Equació. 4.1})$$

on:	OUR	: taxa de consum d'oxigen (mgO <sub>2</sub> /L)
	Y <sub>H</sub>	: taxa de producció heterotròfica
	$\mu_H$	: taxa màxima de creixement específic (d <sup>-1</sup> )
	f <sub>X<sub>p</sub></sub>	: substrat inert produït en la respiració endògena (mgO <sub>2</sub> /L)
	X <sub>H</sub>	: biomassa heterotròfica (mg/L)

En aquest cas, la taxa de consum d'oxigen només depèn de la biomassa heterotròfica, de manera que el balanç de massa, sense limitació de substrat ni d'oxigen, pot ser escrit segons l'equació:

$$dX_H / dt = (\mu_{\max} - b_H) \cdot X_H(t) \quad (\text{Equació. 4.2})$$

Integrant l'equació (4.2) per  $X_H(t_0) = X_{H0}$  s'obté l'equació (4.3):

$$X_H(t) = X_{H0} \cdot e^{(\mu_{\max} - b_H)t} \quad (\text{Equació. 4.3})$$

L'equació (4.3) pot ser introduïda a l'equació (4.1), llavors la respiració d'oxigen és coneguda en el temps sense limitacions segons l'equació (4.4):

$$OUR(t) = -\left[\left((1 - Y_H) / Y_H\right) \mu_{H \max} - (1 - f_{X_p}) \cdot b_H\right] X_{H0} \cdot e^{(\mu_{\max} - b_H)t} \quad (\text{Equació. 4.4})$$

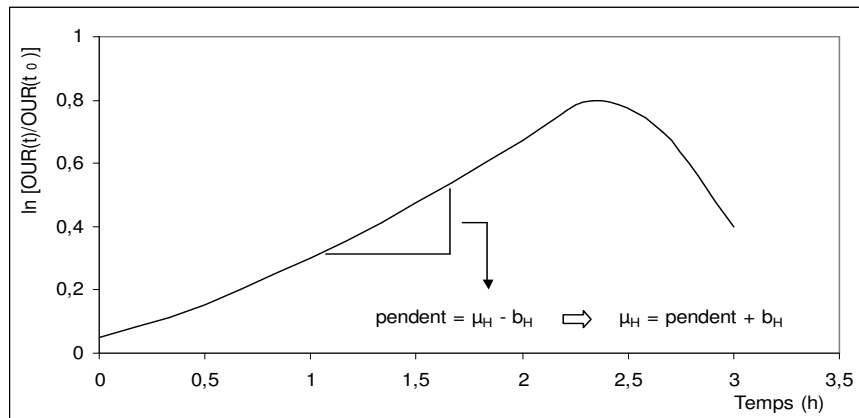
Ara la taxa de respiració de la biomassa heterotròfica en el temps pot ser comparada amb la taxa de respiració inicial, equació (4.5):

$$OUR(t) / OUR(t_0) = e^{(\mu_{\max} - b_H)t} \quad (\text{Equació. 4.5})$$

L'equació (4.5) es pot reescriure segons l'equació (4.6):

$$\ln[OUR(t) / OUR(t_0)] = (\mu_{\max} - b_H) \cdot t \quad (\text{Equació. 4.6})$$

Aquesta mesura relativa obté una línia recta amb pendent ( $\mu_{\max} - b_H$ ) (Figura 4.6.), on es compara la taxa de respiració de la biomassa heterotròfica en el temps amb la taxa d'utilització d'oxigen inicial OUR ( $t_0$ ).



[Font: Adaptada d'Orhon, 1995]

**Figura 4.6.-** Determinació de la taxa màxima de creixement específica ( $\mu_H$ ) a partir dels perfils d'OUR

Calculant el  $\ln [OUR(t)/OUR(t_0)]$  dels OUR prèviament calculats, i ajustant una recta per mínims quadrats en el tram ascendent de la gràfica, representada a la Figura 4.6, obtindrem una recta ( $y=mx+b$ ). Es considerarà que la recta està ben ajustada si presenta un coeficient de correlació ( $r^2$ ) superior a 0,85. Determinarem el valor de la taxa màxima de creixement específica ( $\mu_H$ ) directament del pendent obtingut d'aquesta recta:

$$\mu_H = m + b_H \quad \text{on:} \quad \begin{array}{l} \mu_H : \text{taxa màxima de creixement específica (d}^{-1}\text{)} \\ b_H : \text{taxa de mort endògena (d}^{-1}\text{)} \\ m : \text{pendent (d}^{-1}\text{)} \end{array}$$

## 5.- Elements principals de l'aplicació

El funcionament del respiròmetre implementat, es basa en la interacció de diferents elements, cadascun amb una funció específica. En aquest apartat es descriuran les seves principals característiques, i la seva funció dins l'aplicació.



Figura 5.1.- Elements principals de l'aplicació

## 5.1.- Respiròmetres

L'aplicació desenvolupada en aquest projecte pretén controlar el funcionament de 6 respiròmetres, la construcció física dels quals es pot veure a la fotografia representada a la Figura 5.2. Els 6 reactors batch estan ubicats dins un armari refrigerat que permet mantenir una temperatura constant, ajustada per l'usuari. Cadascun dels reactors disposa d'una sonda per determinar l'oxigen dissolt i la temperatura de la dissolució, i dues vàlvules, una d'oxigenació i una de descompressió. Les 6 sondes i les 12 vàlvules estan connectades a un segon armari, que conté els 6 oxiòmetres i els preactuadors que controlen el funcionament de les vàlvules. Aquests elements estan controlats des d'un tercer armari, que conté la unitat de control i els mòduls d'entrades i sortides.



Figura 5.2.- Respiròmetres i unitat de control

A continuació es descriuran de forma breu, les principals característiques dels elements físics que permeten el funcionament dels respiròmetres:

### ❖ Armari Refrigerat:



Figura 5.3.- Armari Refrigerat

Els sis reactors batch estan situats dins l'armari refrigerat, i seran accessibles a través d'una porta frontal de vidre. El compressor està situat a la part superior de l'armari, amb un pilot que ens mostra l'estat de funcionament, i un controlador que ens permet determinar la temperatura interna de l'armari. Les seves principals característiques són:

- Marca: Climas
- Model: Refrigerador Incubador
- Nº de serie: 4283
- Referència: CIR 260C
- Data de fabricació: 01/10/07
- Alimentació: 220 Vac 50 Hz
- Potència: 350 W
- Capacitat Bruta: 360 l
- Compressor 1: R600a

❖ Reactor:



**Figura 5.4.- Reactor**

El reactor utilitzat en l'aplicació es de la marca POBEL, model Boro 3,3, de 500 ml de capacitat. Disposa de tres obertures, per tal d'introduir la dissolució, connectar les vàlvules (d'oxigenació i descompressió), i l'elèctrode de l'oxiòmetre. Aquests elements no es poden veure a la Figura 5.4, ja que en el moment de realitzar aquesta memòria, encara no s'havia finalitzat la construcció física de tots els elements dels respiròmetres.

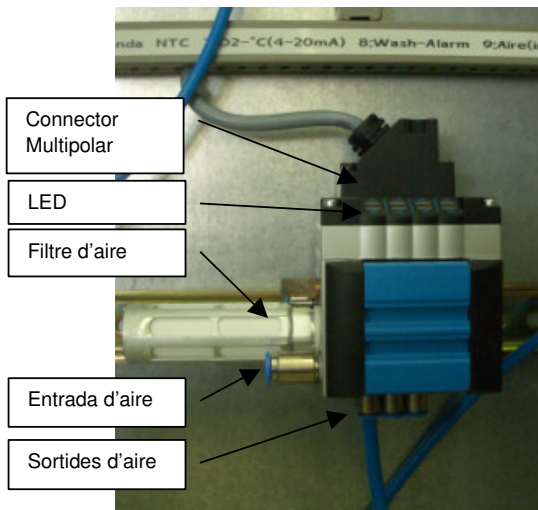
❖ Armari oxiòmetres i preactuadors:

Els sis oxiòmetres i els preactuadors que controlen les sis vàlvules d'oxigenació estan ubicats dins un armari de la marca HIMEL, model CRN 65/400. A la porta frontal de l'armari s'han integrat els sis oxiòmetres i a l'interior els preactuadors de les vàlvules, amb les bornes de connexió que permet la transmissió dels senyals elèctrics a l'armari de control.



**Figura 5.5.- Armari amb els oxiòmetres i els actuadors de les vàlvules**



❖ Preactuadors de les vàlvules d'oxigenació:

**Figura 5.6.-** Preactuadors de les vàlvules d'oxigenació

La finalitat dels preactuadors, es controlar l'obertura de les vàlvules. A l'aplicació desenvolupada, s'utilitzen vàlvules pneumàtiques, per tant, el preactuador controlarà l'aire que arriba a les diferents vàlvules, obrint o tancant el seu pas, en funció de les senyals elèctriques rebudes de la unitat de control.

Per tal de controlar les sis vàlvules d'oxigenació dels respiròmetres, s'han utilitzat preactuadors pneumàtics, del fabricant FESTO model CPV 10. La configuració d'aquests preactuadors es modular, el que ens permet definir un rac, ajustat a les necessitats de l'aplicació. FESTO, ofereix una ampla gama de preactuadors, amb diferents tipus de vàlvules a controlar i diferents formes de connexió. En el cas de l'aplicació desenvolupada, s'ha escollit un terminal amb connector multipolar, per tal de connectar els preactuadors als dispositius de control a través d'un conductor multifilar, unit al connector que es pot veure a la part superior del mòdul, representat a de la Figura

5.6. Aquest tipus de connexió ens limita el bastidor a utilitzar, podent escollir entre 4, 6 o 8 posicions per a les vàlvules. A cadascuna d'aquestes posicions, s'inserta el mòdul preactuador, que pot tenir diferents funcions, depenent de la tipologia de vàlvula a connectar-hi. En l'aplicació desenvolupada s'han utilitzat vàlvules de simple efecte, controlades per preactuadors monoestables, de 3 vies (Codi N de FESTO) normalment oberts. Aquest tipus de preactuadors, disposen d'una sola sortida d'aire per a cada vàlvula, i ens permet disposar de dues vàlvules a cada posició del bastidor. Per aquest motiu, s'ha escollit el bastidor de 4 posicions, ja que ens permet controlar fins a 8 vàlvules (2 per posició). Podem identificar aquests elements a la Figura 5.6, observant les parelles de Leds verticals, situades sota el connector. Cadascuna d'aquestes parelles, correspon a una posició del bastidor. Els preactuadors insertats a cada posició els podem veure a la part inferior del mòdul, on tenim les sortides d'aire. Podem comprovar que existeixen 3 parells de sortides (a la Figura 5.6 podem observar només 3 sortides, quedant les altres 3 just per darrera), cadascuna corresponent a una parella de preactuadors.

❖ Oxiòmetres:

**Figura 5.7.-** Oxiòmetre

En l'aplicació s'han utilitzat 6 oxiòmetres del fabricant CHEMITEC, model ACP4082, que ens permeten amplificar i interpretar els senyals rebuts de les sondes situades als reactors. Els oxiòmetres disposen de dues sortides analògiques (4-20mA), que ens permeten transmetre la lectura d'oxigen dissolt i temperatura a la unitat de control. Els equips són configurables des de les tecles situades al seu frontal, i ens permeten visualitzar la lectura d'oxigen dissolt i temperatura des de la pantalla LCD.



Algunes de les especificacions principals dels oxímetres utilitzats són:

- LCD STN gràfica 128x64 il·luminada
- Teclat de programació amb 4 tecles
- 2 Sortides analògiques 0/4-20mA 500W, separades galvanicament.
- 2 Sortides de Set Point – Relé de canvi (carrega màxima 1 A a 230Vac resistiva)
- 1 sortida per donar l'ordre de neteja automàtica de l'electrode – Relé de canvi (carrega màxima 1 A a 230Vac resistiva)
- 1 sortida Sèrie RS-485 amb protocol MODBUS
- 1 entrada digital per inhibir les dosificacions (24Vdc/ac)
- Alimentació 90-260 Vac 50Hz

❖ Sondes d'oxigen dissolt:



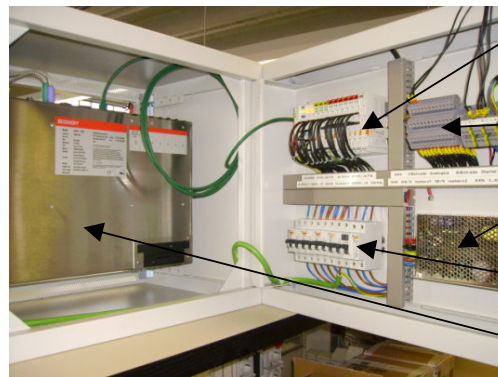
Figura 5.8. Sondes d'oxigen dissolt

Els electrodes estan situats dins els reactors, junt a la dissolució, i son els responsables de determinar el seu oxigen dissolt i la seva temperatura, per enviar-la al lector comentat en l'apartat anterior. S'han utilitzat electrodes de la marca HAMILTON, model Oxysens, amb les següents característiques tècniques:

- Tipus d'electrode: Plata/Platí
- Membrana: Optiflow
- Sensor de temperatura: NTC 22KΩ
- Voltatge de polarització: 670 mV (±50mV)
- Sensibilitat 40...80 nA a 25 °C a l'aire
- Temps d'estabilització: 15 min
- Temperatura de treball: 0...60°C
- Pressió de treball: 0...4 bar

❖ Unitat de control:

La unitat de control es la responsable de controlar els elements descrits anteriorment i està formada per dos elements principals, el PC-Industrial i la unitat d'entrades sortides. Aquests dos elements estan comentats mes detalladament en apartats posteriors, ja que estan directament relacionats amb l'aplicació a desenvolupada en aquest projecte. El PC-Industrial emmagatzema l'aplicació, junt amb els controls que permeten el seu funcionament, i la unitat d'entrades i sortides, la comunica amb els elements exteriors.



- Unitat entrades/sortides
- Bornes de connexió amb armari oxímetres
- Font d'alimentació
- Elements de protecció
- PC Industrial

Figura 5.9.- Armari amb els oxímetres i els actuadors de les vàlvules

## 5.2.- Mòduls Entrada/Sortida

Els mòduls d'entrada/sortida són la interfície entre els diferents sensors i actuadors del respiròmetre i l'aplicació desenvolupada. Són els responsables de llegir, amplificar i convertir els senyals entregats pels detectors a un codi interpretable per l'aplicació, i convertir i amplificar els senyals generats per l'aplicació als senyals elèctrics que controlen els actuadors.

Els mòduls utilitzats en aquesta aplicació, són de la marca Beckhoff i comuniquen amb el PC-Industrial que conté l'aplicació desenvolupada, mitjançant un bus Ethernet. L'estructura dels dispositius utilitzats es modular fet que ens permet definir una configuració, ajustable a les nostres necessitats. El fet que sigui modular significa que nosaltres podem construir físicament el mòdul d'entrades i sortides, unint mòduls independents, cadascun amb unes característiques i una tipologia d'entrada o sortida determinada. Beckhoff ens subministra una àmplia gama de mòduls entre els que trobem els utilitzats en aquesta aplicació:

### ➤ Capçalera Ethernet: BK9000

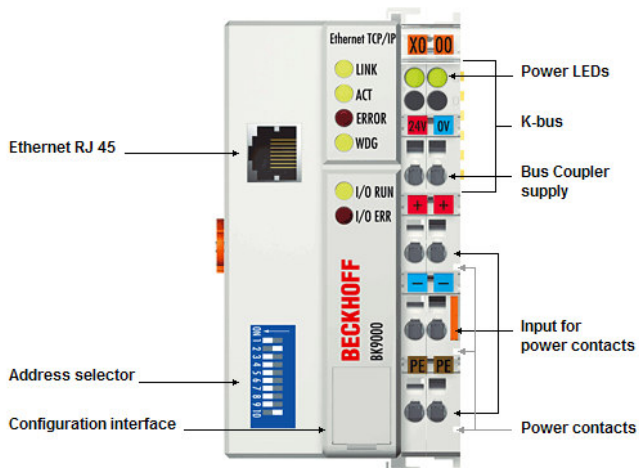


Figura 5.10.- Mòdul BK9000

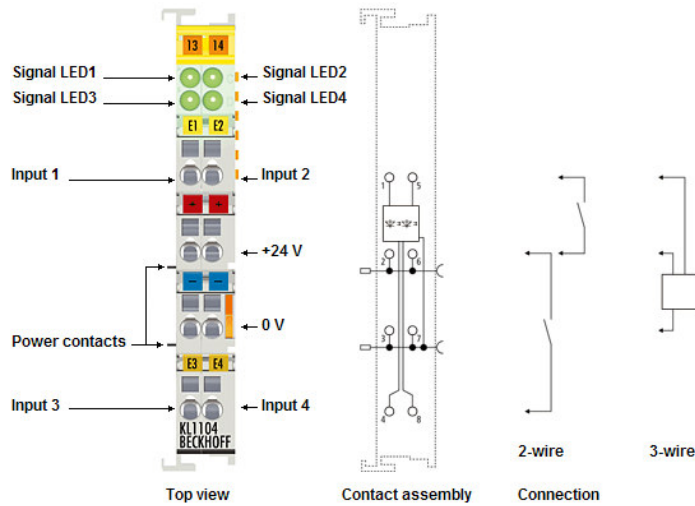
El mòdul BK9000 permet la comunicació entre l'aplicació i els mòduls d'entrades i sortides, per mitja del protocol TCP/IP utilitzant el bus Ethernet, que unirà el mòdul amb el PC-Industrial.

La capçalera, serà el primer dels mòduls que formaran el nostre rac d'entrades/sortides. A ella, s'aniran acoblant la resta de mòduls fins arribar a un màxim de 64 mòduls (límit màxim de mòduls que ens permet la unitat), que corresponen a un màxim de 512 entrades/sortides digitals o fins a 128 entrades/sortides analògiques.

En el cas de l'aplicació desenvolupada, només s'utilitzarà una sola capçalera, amb tots els mòduls connectats a ella. Aquesta capçalera s'identifica dins la xarxa Ethernet a través d'una IP única, configurable a través d'uns selectors situats en el frontal del mòdul.

Aquest tipus de dispositius són molt utilitzats quan l'aplicació requereix moltes entrades/sortides situades a certa distància de la unitat de control (per exemple un PC-Industrial o un Autòmat). Dins la mateixa xarxa Ethernet, podríem tenir varies capçaleres, cadascuna identificada amb una IP diferent, que ens permetrien situar un conjunt d'entrades i sortides pròxim a cada grup de detectors i actuadors a controlar. Aquest fet pot simplificar molt el procés de cablejat, ja que no es necessari cablejat cada detector o actuadors fins a la unitat de control, on hi arribaríem a través d'un sol conductor, corresponent al bus Ethernet.

➤ **Mòdul de 4 entrades digitals: KL1104**



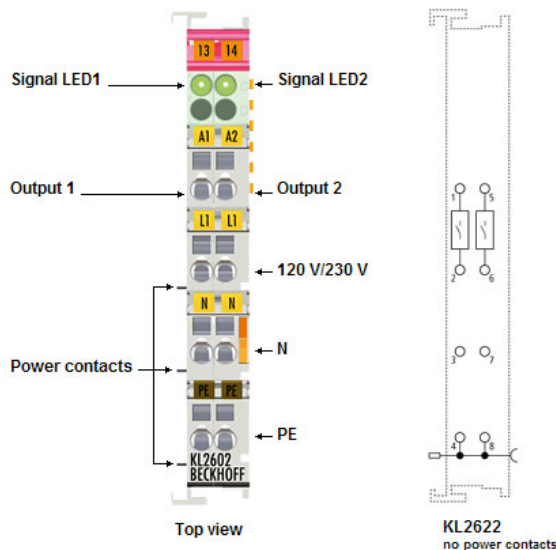
Mòdul que ens permet connectar fins a 4 senyals digitals provinents de sensors. Aquests senyals seran a 24 Vdc i podran tenir dos estats possibles en funció del voltatge rebut per l'entrada:

- 3 ... 5V : Entrada Desactivada
- 15 ... 30V : Entrada Activada

Podem veure l'estat de cada entrada amb els leds situats a la part superior del mòdul. El led activat indica que a l'entrada corresponent hi està arribant un nivell alt de tensió (entrada activada).

Figura 5.11.- Mòdul KL1104

➤ **Mòdul de 2 sortides digitals: KL2622**



Mòdul que ens permet connectar fins a 2 actuadors, controlats a través d'un senyal digital. El mòdul ens entrega dues sortides relé, que ens permeten connectar una càrrega amb una intensitat màxima de 5A (càrregues Òhmiques) o 2A (càrregues inductives). Les dues sortides són activades per la unitat de control (PC-Industrial), donant una tensió de 230 Vac en els bornes Output 1 i Output 2 en el moment d'activar la sortida, i 0Vac quan està desactivada. (La tensió de 230 pot ser diferent en funció de la tensió d'alimentació del mòdul).

Podem veure l'estat de cada sortida amb els leds situats a la part superior del mòdul. El led activat indica que la sortida està activada.

Figura 5.12.- Mòdul KL2622

➤ **Mòdul de 4 entrades analògiques: KL3454**

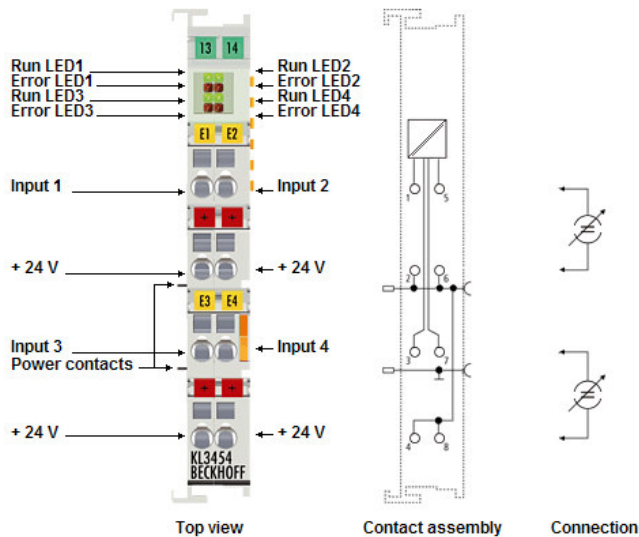


Figura 5.13.- Mòdul KL3454

Mòdul que permet connectar fins a 4 sensors amb sortides analògiques 4-20mA. La unitat digitalitza la intensitat rebuda dividint el seu valor amb 4096 punts (resolució de 12 bits) (4mA = 0; 20mA =4095).

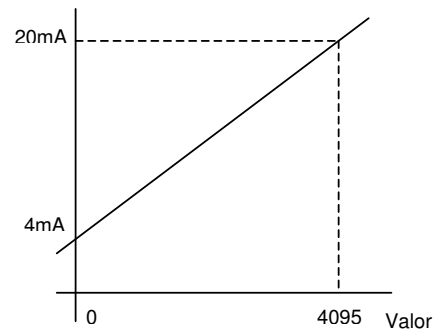


Figura 5.14.- Digitalització senyal analògica entrada

Els leds situats a la part superior indiquen el funcionament de la unitat. El led Run activat simbolitza que l'entrada en qüestió està treballant correctament i el led Error que té algun tipus d'error, per exemple, que no està connectada o que el sensor entrega un senyal fora del rang de treball de la unitat.

➤ **Mòdul de 8 entrades analògiques: KL3458**

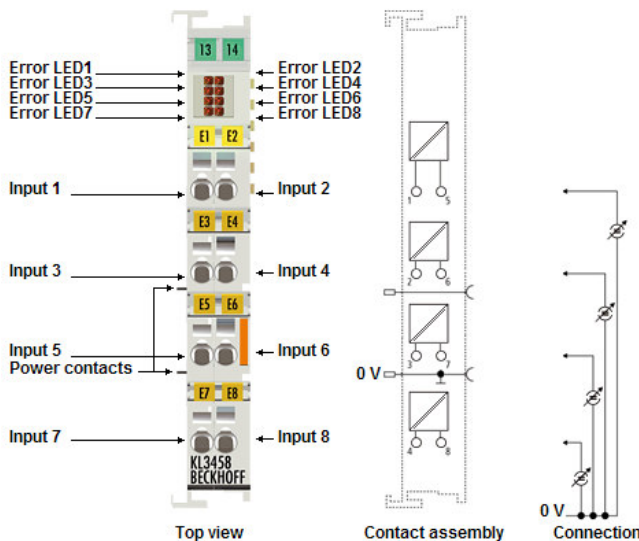


Figura 5.15.- Mòdul KL3458

Funcionament igual que el mòdul KL3454, però en aquest cas permet la connexió de fins a 8 sensors amb sortides analògiques de 4-20mA.

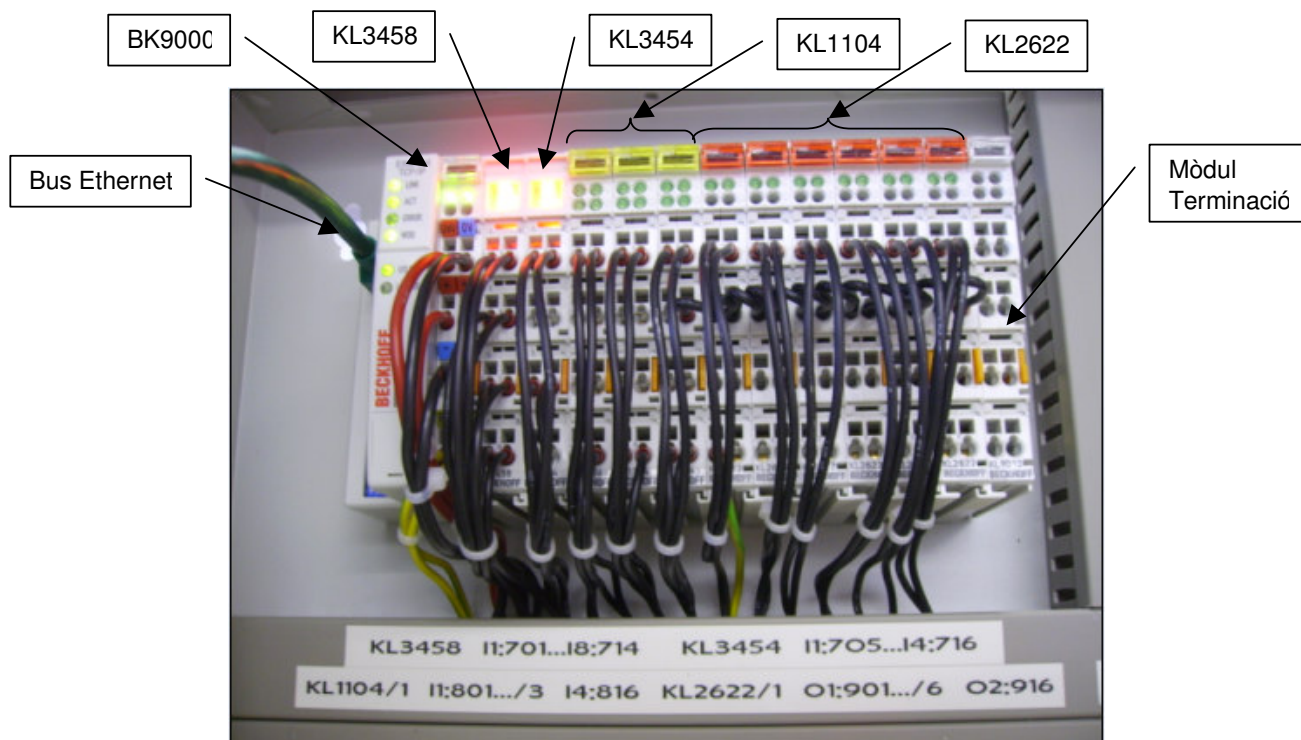
A la taula següent podem veure l'assignació de mòduls, amb les entrades i sortides utilitzades en el respiròmetre:

<b>Senyal</b>	<b>Tipus</b>	<b>Mòdul Beckhoff utilitzat</b>
-	-	Capçalera BK9000
Sonda Oxigen Oxiòmetre 1	Entrada analògica	Mòdul KL3458
Sonda Temperatura Oxiòmetre 1	Entrada analògica	
Sonda Oxigen Oxiòmetre 2	Entrada analògica	
Sonda Temperatura Oxiòmetre 2	Entrada analògica	
Sonda Oxigen Oxiòmetre 3	Entrada analògica	
Sonda Temperatura Oxiòmetre 3	Entrada analògica	
Sonda Oxigen Oxiòmetre 4	Entrada analògica	
Sonda Temperatura Oxiòmetre 4	Entrada analògica	
Sonda Oxigen Oxiòmetre 5	Entrada analògica	Mòdul KL3454
Sonda Temperatura Oxiòmetre 5	Entrada analògica	
Sonda Oxigen Oxiòmetre 6	Entrada analògica	
Sonda Temperatura Oxiòmetre 6	Entrada analògica	
Entrada lliure 1	Entrada digital	Mòdul KL1104
Entrada lliure 2	Entrada digital	
Entrada lliure 3	Entrada digital	
Entrada lliure 4	Entrada digital	
Entrada lliure 5	Entrada digital	Mòdul KL1104
Entrada lliure 6	Entrada digital	
Entrada lliure 7	Entrada digital	
Entrada lliure 8	Entrada digital	
Entrada lliure 9	Entrada digital	Mòdul KL1104
Entrada lliure 10	Entrada digital	
Entrada lliure 11	Entrada digital	
Entrada lliure 12	Entrada digital	
Electrovàlvula oxigenar Oxiòmetre 1	Sortida digital	Mòdul KL2622
Electrovàlvula descomprimir Oxiòmetre 1	Sortida digital	

Electrovàlvula oxigenar Oxiòmetre 2	Sortida digital	Mòdul KL2622
Electrovàlvula descomprimir Oxiòmetre 2	Sortida digital	
Electrovàlvula oxigenar Oxiòmetre 3	Sortida digital	Mòdul KL2622
Electrovàlvula descomprimir Oxiòmetre 3	Sortida digital	
Electrovàlvula oxigenar Oxiòmetre 4	Sortida digital	Mòdul KL2622
Electrovàlvula descomprimir Oxiòmetre 4	Sortida digital	
Electrovàlvula oxigenar Oxiòmetre 5	Sortida digital	Mòdul KL2622
Electrovàlvula descomprimir Oxiòmetre 5	Sortida digital	
Electrovàlvula oxigenar Oxiòmetre 6	Sortida digital	Mòdul KL2622
Electrovàlvula descomprimir Oxiòmetre 6	Sortida digital	

S'han instal·lat 3 mòduls, de 4 entrades digitals, que realment no s'utilitzen en l'aplicació desenvolupada. S'han col·locat pensant en possibles ampliacions futures.

Un cop definits tots els mòduls necessaris, s'uniran els uns als altres formant una unitat compacta, unida per un bus intern que comunica tots els mòduls amb la capçalera Ethernet. A l'últim dels mòduls, s'unirà el mòdul de terminació, la finalitat del qual es col·locar les resistències de terminació necessàries perquè el bus intern que uneix els diferents mòduls, treballi correctament. La Figura 5.16 mostra els mòduls utilitzats en la aplicació, ja cablejats amb els detectors i actuadors.



**Figura 5.16.-** Mòdul entrades/sorties utilitzat en l'aplicació



### 5.3.- PC Industrial

El PC utilitzat per realitzar l'aplicació és el model C3640 del fabricant Beckhoff, amb terminal tàctil. Aquest model està dins la família d'ordinadors industrials, PC amb característiques semblants a qualsevol PC de sobretaula, però adaptat al món industrial, amb dimensions molt reduïdes i amb facilitats d'integració en el frontal dels armaris elèctrics. Aquests tipus de PC presenten major immunitat al soroll electromagnètic, més robustesa, graus de protecció superiors als ordinadors de sobretaula,...



**Figura 5.17.- PC Industrial utilitzat en l'aplicació**

Les seves principals característiques:

- Processador Intel Celeron 2 GHz
- 256 MB DDR RAM, ampliable fins 2 GB
- Disc dur IDE, 3½-inch, 40 GB
  
- Interfície Ethernet 10/100BASE-T
- 4 Ports serie RS232
- 1 Port paralel
- 6 USB 2.0
- Entrada per teclat i ratolí
  
- Disquetera 1.44 MB
- CD/DVD-ROM
  
- Alimentació a 100-240Vac 50Hz
  
- Frontal amb protecció IP66, part de darrera IP20

## 5.4.- TwinCAT

El software TwinCAT, distribuït per Beckhoff, s'executa sobre qualsevol PC (amb unes especificacions mínimes), convertint-lo amb un sistema multi-PLC. Els sistemes tradicionals, treballen amb una unitat de control PLC, equip electrònic programable que permet emmagatzemar una seqüència d'instruccions (programa) i executar-la de forma cíclica, amb la finalitat de realitzar una tasca determinada. Aquestes seqüències estan condicionades a un conjunt d'entrades, i la seva funció es controlar un conjunt de sortides. Els mòduls d'entrada/sortida utilitzats en l'aplicació podrien connectar-se sense cap problema a un PLC convencional, podent realitzar les mateixes tasques que les realitzades en aquesta aplicació, tot i això, no s'ha realitzat d'aquesta forma, degut a les limitacions dels PLC convencionals, alhora d'oferir interfícies amb l'usuari i sobretot, tractament i emmagatzematge de dades. Tot i existir en el mercat PLC que integren terminals HMI (interfície home màquina, com podrien ser els terminals tàctils) o amb possibilitats de comunicar amb terminals HMI externs, que ofereixen moltes facilitats a l'usuari de visualitzar i controlar el procés, seguim tenint moltes limitacions alhora d'emmagatzemar i tractar les dades. En aquest cas, la solució més adient es connectar el PLC convencional amb un PC, que ens ofereix softwares de visualització i control i alhora tenim les possibilitats d'un PC alhora d'emmagatzemar i tractar informació utilitzant bases de dades. Per aquest motiu, en aquesta aplicació era necessari disposar d'un PC i utilitzant el software TwinCAT, teníem la possibilitat de prescindir del PLC exterior, ja que Twincat ens genera un PLC virtual, generat per software, que treballa sobre el PC. Diem que TwinCAT es un sistema multi-PLC, ja que podria generar fins a 4 PLC dins d'un mateix PC.

TwinCAT apart d'oferir les mateixes funcions que un PLC, ens ofereix la interfície per configurar els mòduls d'entrada/sortida, utilitzats en l'aplicació. A continuació es descriuran els passos seguits per tal de configurar aquests mòduls:

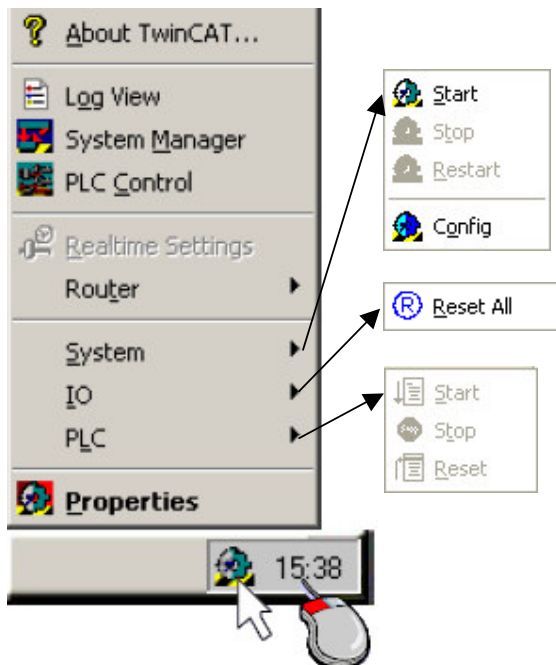
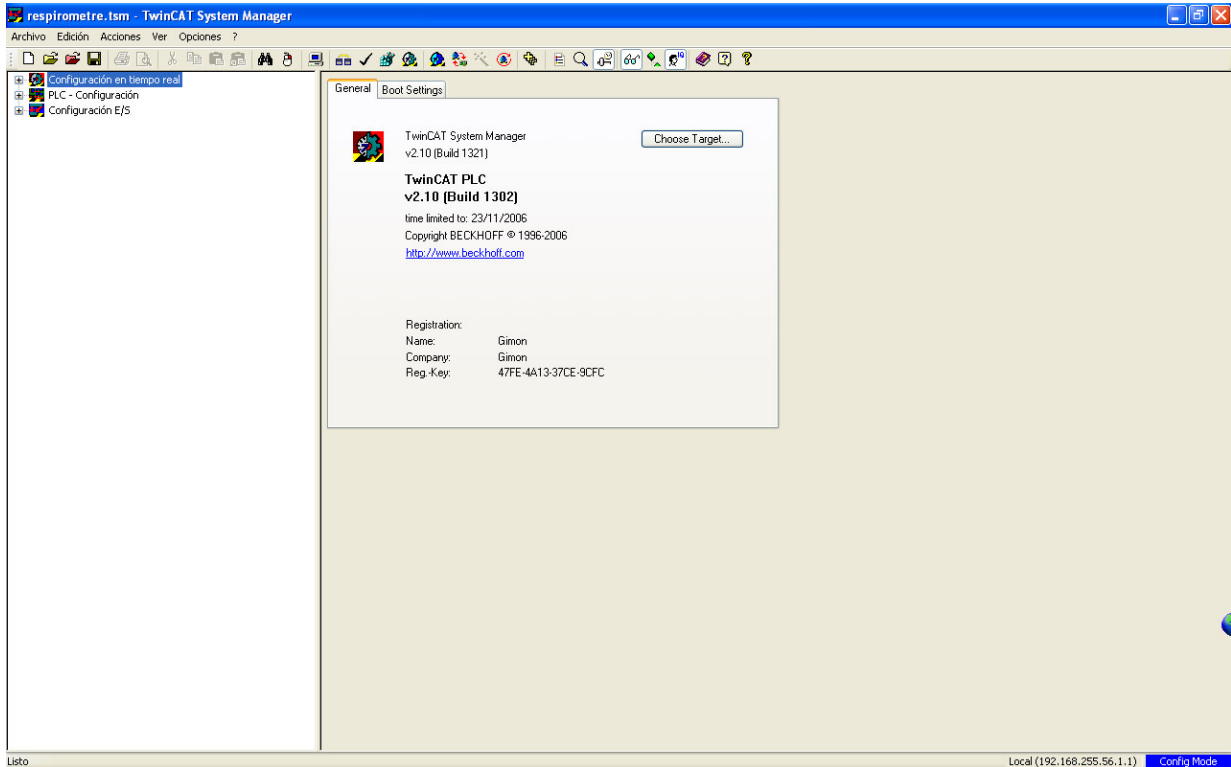


Figura 5.18.- Icona TwinCAT de la barra d'eines de Windows

TwinCAT es posa en funcionament en el moment que s'inicia el PC, apareixen una icona, situada a la barra d'eines de Windows, que ens informa de la seva activitat. Clicant amb el botó esquerra del ratolí sobre aquesta icona ens apareix el menú representat a la Figura 5.18. Des d'aquest menú podem iniciar TwinCAT i obrir les aplicacions que ens permetran configurar-lo. Col·locant-nos sobre System, ens apareix un nou menú on podem iniciar (Start), parar (Stop), reiniciar (Restart) o entrar en mode configuració (Config). Mitjançant aquestes funcions determinem l'estat general de TwinCAT, quan s'està executant, es realitza la lectura de les entrades i l'escriptura de les sortides. El menú que ens apareix quan el ratolí es col·loca sobre IO, ens permetria reiniciar la lectura d'entrades i refrescar l'escriptura de sortides. Col·locant-nos sobre PLC, ens apareix un nou menú que ens permet controlar l'estat del PLC virtual, podem executar la seqüència d'instruccions (Start), parar-la (Stop) o reiniciar-la (Reset). Per defecte, en el moment de posar-se en marxa TwinCAT, System i PLC es posen en funcionament (Start).



Configurarem el funcionament de TwinCAT a través del System Manager, accessible des de la icona de la barra d'eines representada a la Figura 5.18. System Manager ens permet definir i configurar els mòduls d'entrada/sortida connectats al PC i determinar les variables que posteriorment haurem de llegir o escriure des de l'aplicació desenvolupada sobre l'entorn Microsoft Access.



**Figura 5.19.-** Pantalla System Manager del software TwinCAT

En el llistat que apareix a la part esquerra de la pantalla de System Manager, tenim les tres funcions principals que ens ofereix el software TwinCAT:

- Configuració en temps real:** Ens permet visualitzar i configurar els paràmetres genèrics de control del de TwinCAT, com podrien ser el temps de refresc d'entrades/sortides, el mode que s'inicia TwinCAT, visualitzar l'estat de les comunicacions,... En l'aplicació desenvolupada, es va deixar els paràmetres per defecte.
- Configuració PLC:** Ens permet definir els principals paràmetres del PLC virtual, i les variables utilitzades dins el PLC, amb les relacions existents entre aquestes i les variables físiques dels mòduls d'entrada/sortida.
- Configuració E/S:** Ens permet definir i configurar el mòduls d'entrada/sortida connectats al PC.

El primer dels passos alhora de configurar TwinCAT es determinar els mòduls d'entrada/sortida connectats al PC. Per fer-ho clicarem sobre "Configuració E/S" de la llista situada al costat esquerra de la pantalla System Manager.

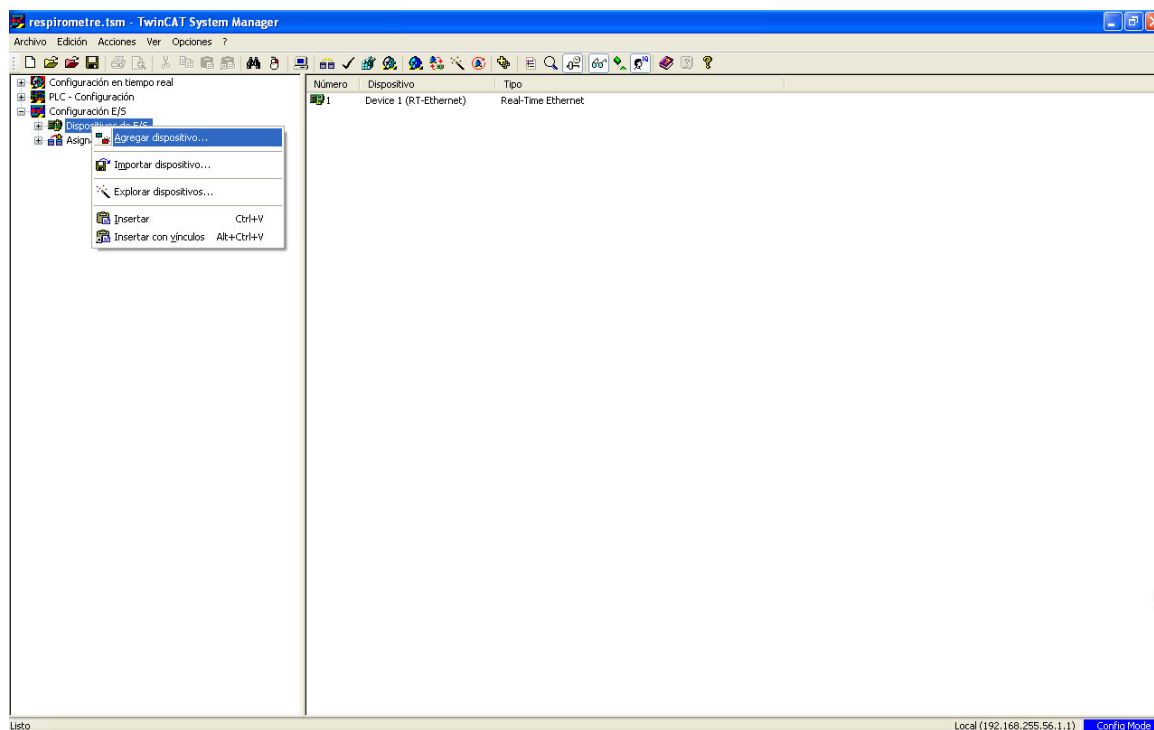


Figura 5.20.- Configuració E/S de la Pantalla System Manager

Amb la funció "Explorar dispositius..." que ens apareix clicant amb el botó dret del ratolí sobre "Dispositivos E/S", el mateix software analitzaria els dispositius connectats al PC, i els assignaria automàticament. Per explicar el procediment i el funcionament de TwinCAT, introduïrem manualment cadascun d'aquests dispositius, sense utilitzar aquesta funció. El primer pas serà clicar sobre "Agregar dispositivo..." del mateix menú, fet que ens farà aparèixer la següent pantalla:

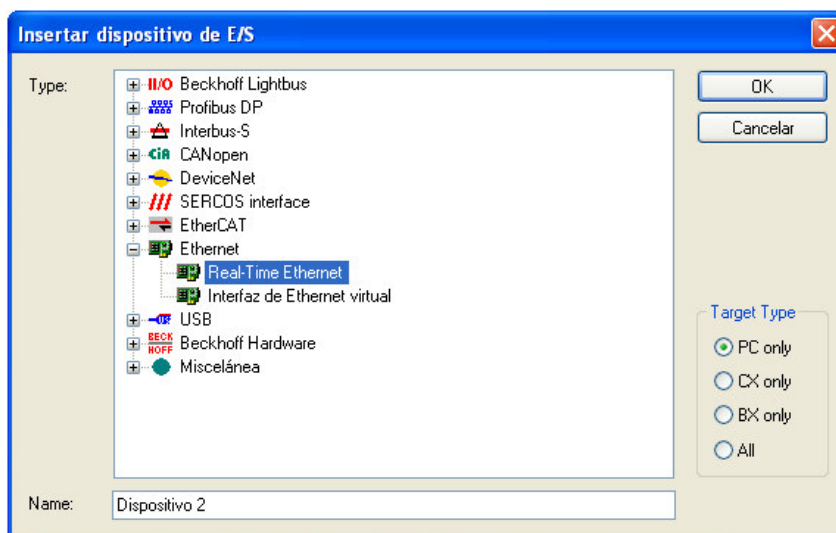
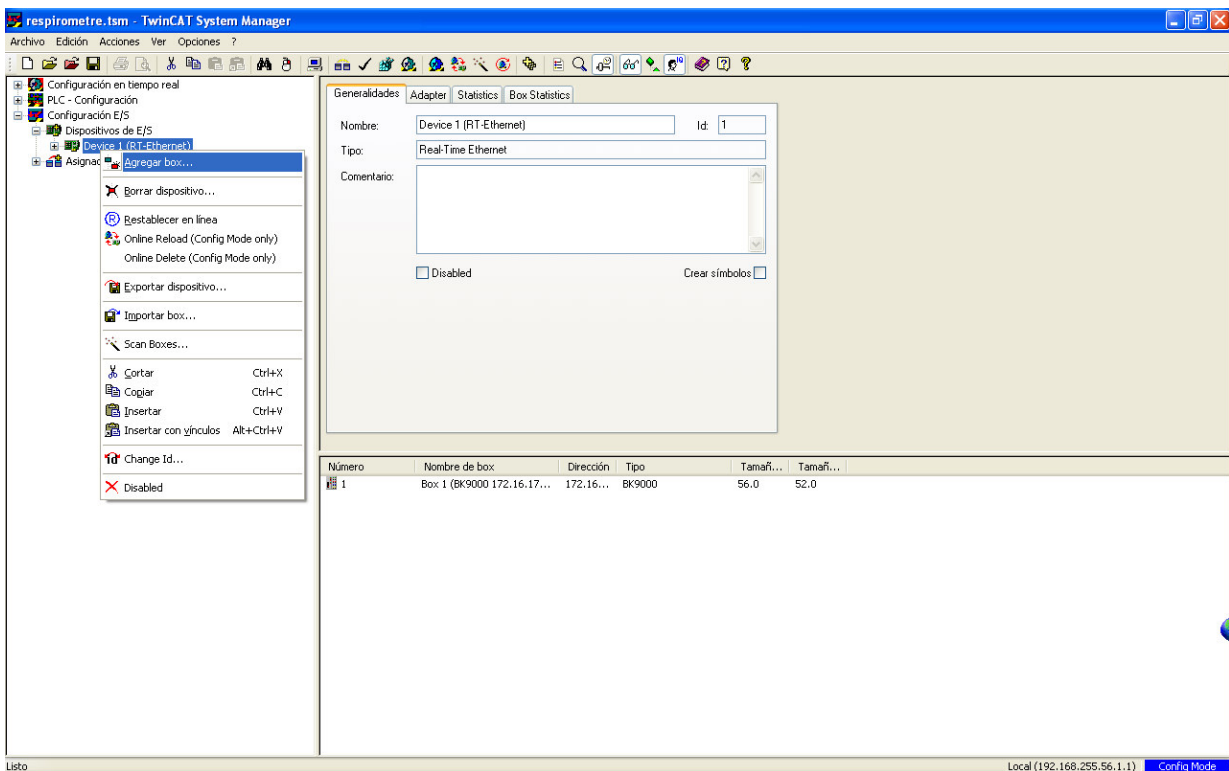


Figura 5.21.- Determinació del bus utilitzat per la connexió de les E/S al PC

La Figura 5.21 ens representa la pantalla que apareix al clicar sobre la tecla “Agregar dispositivo...”, aquesta pantalla ens permet determinar el bus utilitzat per tal de connectar les entrades/sortides al PC. En el nostre cas, hem utilitzat el bus Ethernet, amb la qual cosa, seleccionarem sobre “Real-Time Ethernet” i pulsarem sobre la tecla OK de la mateixa pantalla. El software ens permetria configurar diferents busos connectats alhora al PC, d'aquesta manera, des del PLC virtual podríem accedir a qualsevol entrada o sortida de l'aplicació, sense haver de preocupar-nos del bus a què està connectada o la situació física dins aquest bus.

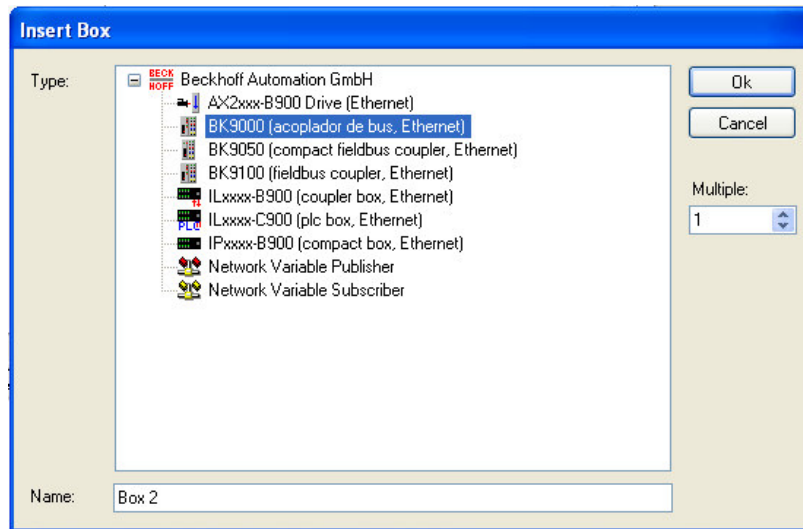
Un cop definit el bus utilitzat, hem de definir els diferents racs d'entrada/sortida que tenim a l'aplicació, amb les seves corresponents capçaleres Ethernet. Per fer-ho clicarem sobre “Agregar box...” del menú que ens apareix quan cliquem amb el botó dret sobre el bus definit prèviament:



**Figura 5.22.-** Determinació de les capçaleres connectades al bus de la Pantalla System Manager

En el menú que ens apareix clicant sobre el bus utilitzat, tenim la opció “Scan Boxes...”, que ens permetria determinar automàticament les unitats connectades al bus, a través d'un anàlisi que realitza el mateix TwinCAT. En el nostre cas insertarem manualment les unitats.

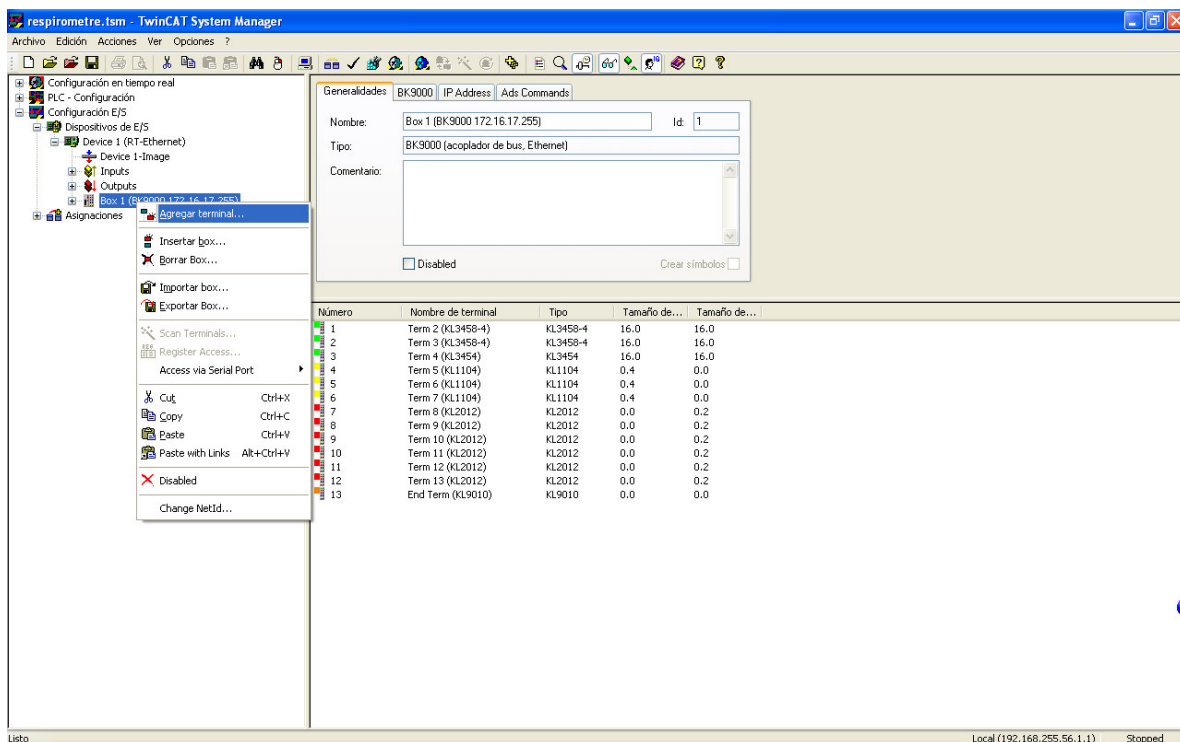
Pulsant sobre “Agregar box...” del menú representat a la Figura 5.22, apareixeria la següent pantalla:



**Figura 5.23.-** Llistat de les capçaleres connectables al bus al bus de la pantalla System Manager

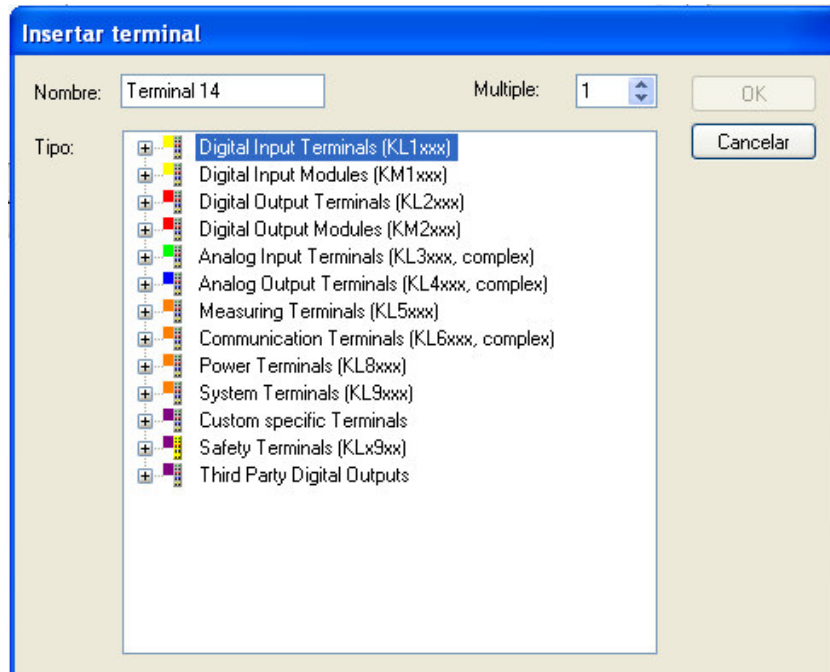
En l'aplicació desenvolupada, s'utilitza la capçalera BK9000, per tant, la seleccionarem des de la pantalla representada a la Figura 5.23 i pulsarem sobre la tecla OK.

Tenim el bus i la capçalera utilitzats en l'aplicació determinats, el següent pas, serà determinar els diferents mòduls connectats a aquesta capçalera. Per fer-ho clicarem sobre la opció “Agregar terminal...” que ens apareix al clicar amb el botó dret del ratolí sobre la capçalera determinada anteriorment:



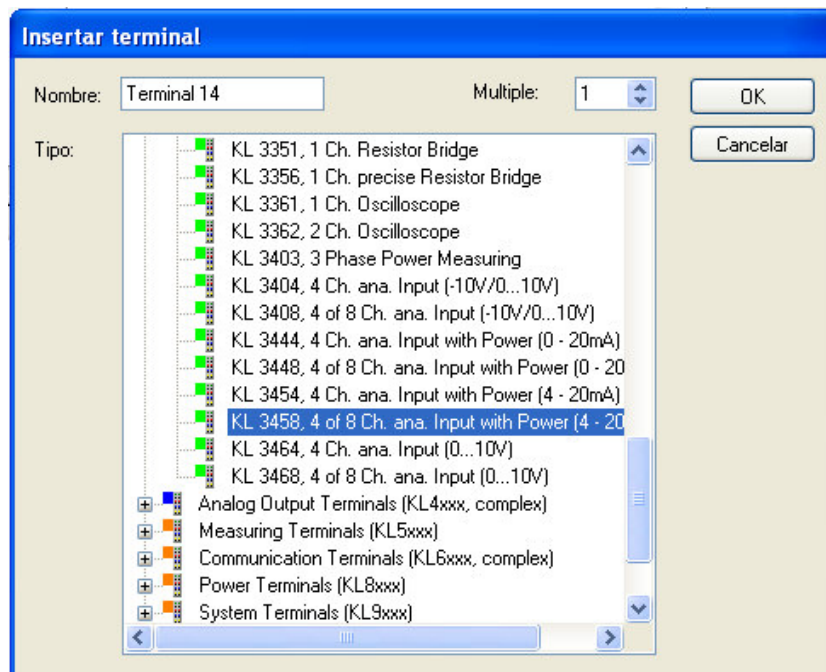
**Figura 5.24.-** Determinació dels mòduls d'entrada/sortida connectats a la capçalera

Amb la opció “Agregar terminal...”, ens apareixerà la següent pantalla:



**Figura 5.25.-** Determinació dels mòduls entrada/sortida connectats a la capçalera

Seleccionarem un a un els diferents mòduls que tinguem connectats a la capçalera, respectant el mateix ordre que la seva situació física dins la capçalera. D'aquesta forma, el primer dels mòduls, serà d'entrades analògiques (Analog Input Terminals), model KL3458. El seleccionarem i pulsarem sobre la tecla OK de la mateixa pantalla.



**Figura 5.26.-** Mòduls disponibles d'entrada/sortida insertables a la capçalera

Aquest procés es repetirà per a cadascun dels mòduls utilitzats en el rac d'entrades/sortides. Finalitzat el procés, obtindrem la següent pantalla:

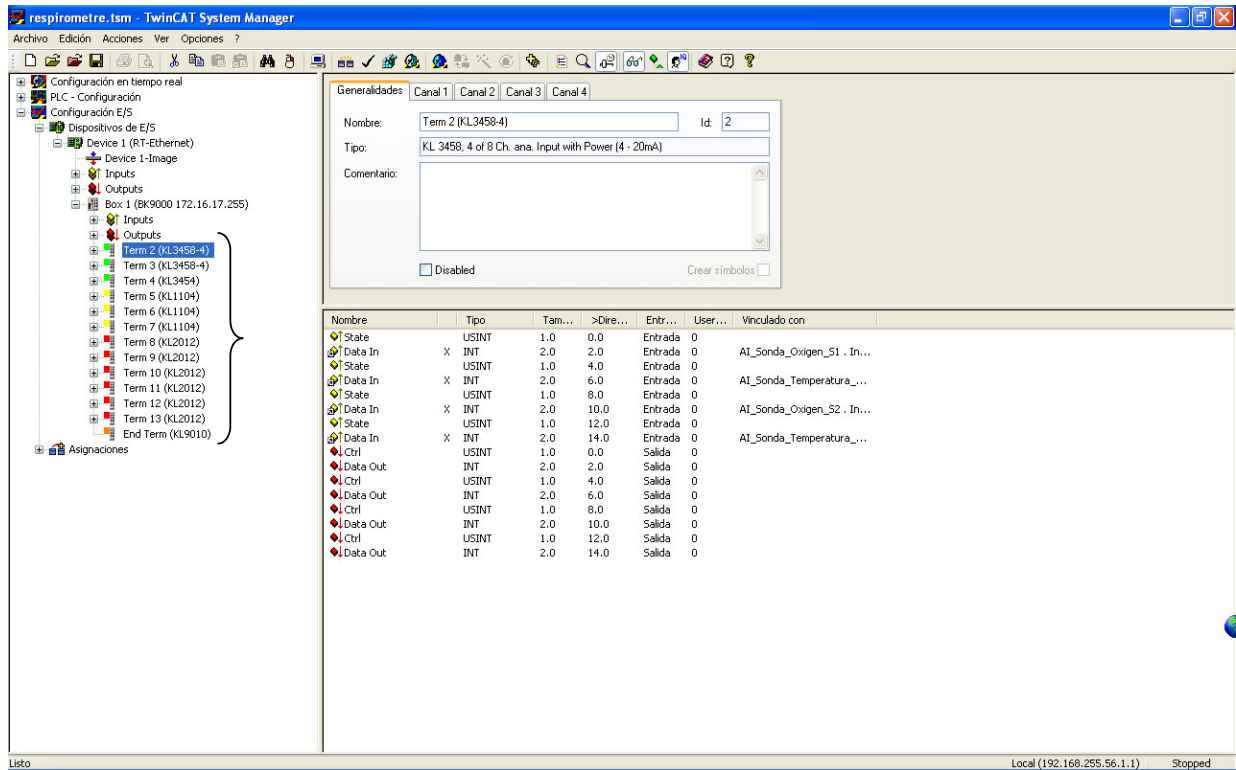
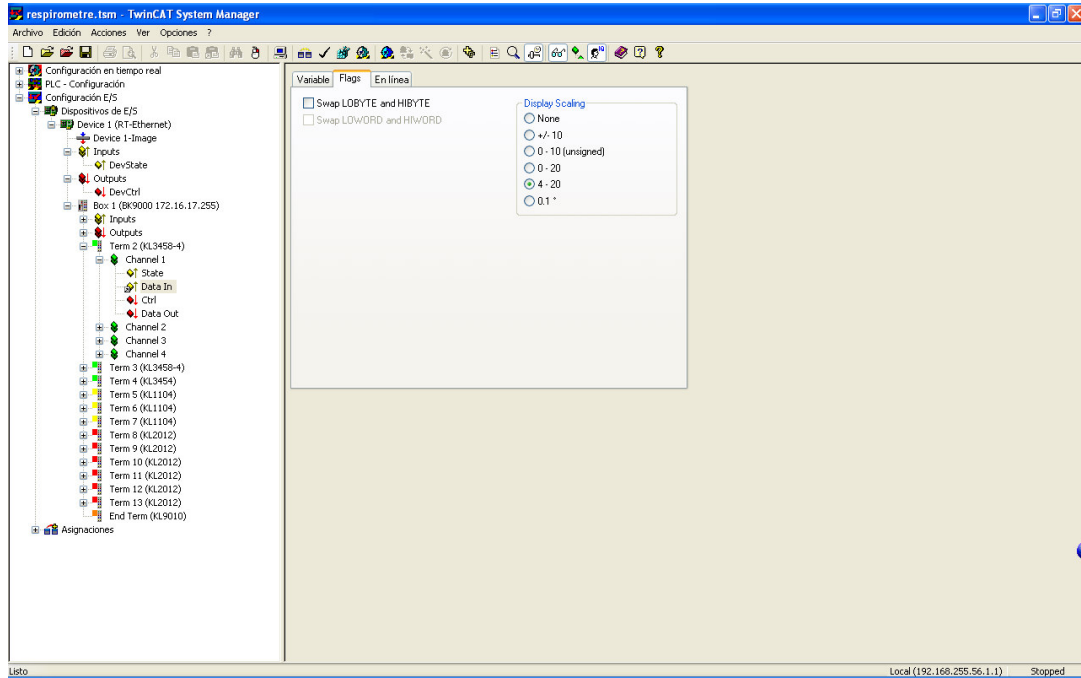


Figura 5.27.- Mòduls entrada/sortida configurats des de la pantalla System Manager

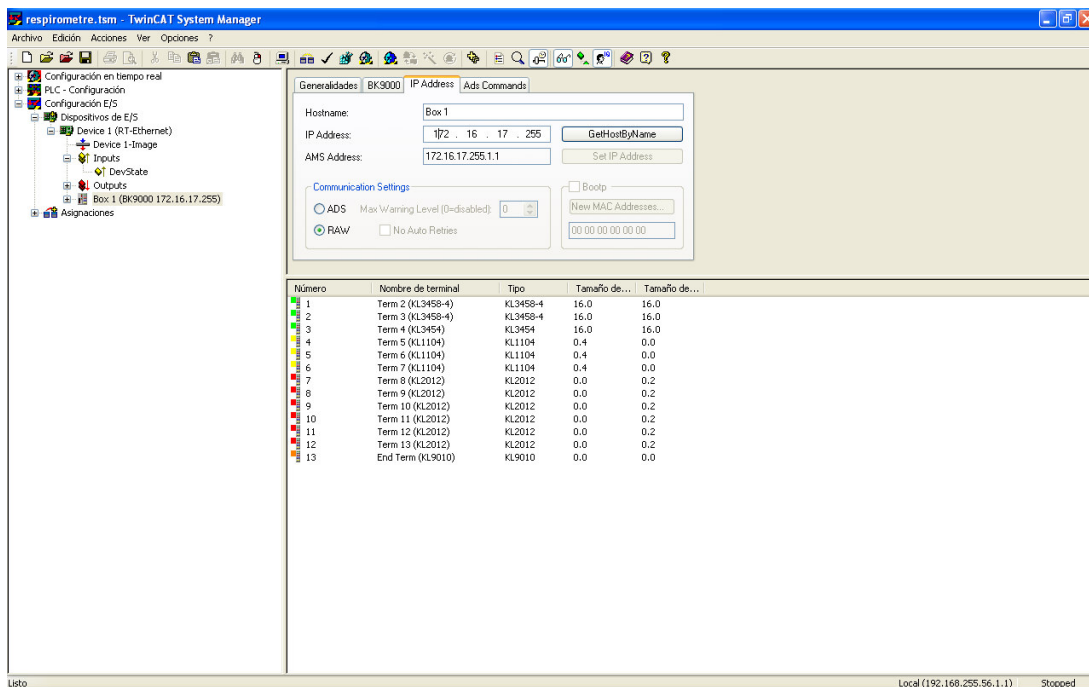
En el llistat que ens apareix sota la capçalera BK9000 podem visualitzar tots els mòduls que havíem definit en l'apartat 5.2, conservant el mateix ordre que tenen físicament. Podem observar que apareix un mòdul més d'analogies, això es degut a que el mòdul de 8 entrades analògiques, es defineix utilitzant dos mòduls KL3458. Si observem la Figura 5.26, on ens apareix el llistat de mòduls disponibles, podem veure que junt al mòdul KL3458 apareix el comentari "4 of 8 Ch. ana. Input with Power (4-20mA)". Aquest comentari ja ens està indicant que el mòdul que s'està insertant només conté 4 dels 8 canals d'entrades que disposa el mòdul. En la Figura 5.27, també podem observar que junt al Term2, on apareix la referència del mòdul insertat, apareix "-4", indicant-nos que el terminal en qüestió conté només 4 dels canals.

Els mòduls d'entrades i sortides digitals no disposen de paràmetres de configuració, però en el cas dels mòduls d'entrada analògica, es necessari definir el tipus de senyal analògic utilitzat. Per determinar-la seleccionarem un dels quatre canals dels mòduls KL3458-4 o KL3454 i dins les seves propietats seleccionarem "Data In". A la pantalla "Flags" dins "Display Scaling" seleccionarem "4-20mA". Aquest procediment l'hauré de repetir per a cadascuna de les 12 entrades analògiques utilitzades. Definint aquest escalat TwinCAT assignarà el valor de l'entrada a 0 quan la intensitat d'entrada siguin 4mA i el valor 32767 quan siguin 20mA.



**Figura 5.28.-** Configuració dels mòduls d'entrada analògica des de la pantalla System Manager

Un cop definits els mòduls d'entrades/sortides, el següent pas és determinar la IP que relaciona la capçalera BK9000 configurada des del System Manager, amb el mòdul físic connectat al bus. L'adreça d'aquest mòdul es determina mitjançant uns micro-interruptors situats en el frontal del mòdul BK9000 descrit a l'aparat 5.2 de la memòria. En el nostre cas, es va deixar l'adreça per defecte 172.16.17.255. Configurarem aquesta adreça des de la pestanya de propietats "IP Adress", que ens apareix clicant sobre la capçalera configurada.



**Figura 5.29.-** Configuració de la IP de la capçalera Ethernet configurada des de la pantalla System Manager

Amb els passos descrits anteriorment, hauríem configurat els mòduls connectats al PC, el següent pas es definir les variables que es relacionaran amb les diferents entrades/sortides configurades, i que utilitzarem per tal de comunicar des de l'aplicació desenvolupada. Aquestes variables les definirem a través del TwinCAT PLC Control, on exportarem el llistat de variables, per després importar-lo des del System Manager. El PLC virtual s'utilitzarà només per definir les variables, que després visualitzarem i modificarem des de l'aplicació desenvolupada amb Microsoft Access. Aquest PLC ens podria servir per desenvolupar el programa que controla el funcionament de les vàlvules del respiròmetre, tot i això, al tractar-se d'unes seqüències relativament simples, s'ha realitzat des de la mateixa aplicació Access, per tal d'agrupar tot el codi de funcionament des d'una sola aplicació.

Definirem les 12 entrades digitals, 12 sortides digitals i 12 entrades analògiques com a variables globals dins el PLC Control, assignant per a cadascuna d'elles una direcció de memòria ubicada dins el PC. Per definir aquestes posicions de memòria hem de tenir en compte la tipologia de l'entrada o la sortida, tenint en compte que les entrades i sortides digitals són del tipus BOOL (1 bit que pot tenir el valor 0 o 1) i les entrades analògiques són del tipus INTEGER (valor de 16 bits compres entre -32768 i +32767). Per definir les variables utilitzarem la següent nomenclatura des del PLC Control:

**[Nom Variable] AT [Direcció] : [Tipologia de la variable]**

[Nom Variable] : Defineix el nom que utilitzarem per fer referència a la posició de memòria definida amb el paràmetre [Direcció].

[Direcció] : Defineix la direcció de memòria del PC, on s'ubicarà el valor de la variable. Aquesta direcció s'ha de definir en funció de la tipologia de la variable:

%IX : S'utilitza per definir la direcció d'una entrada digital. Per exemple, %IX0.5 correspondria a una entrada digital, relacionada amb el bit 5 de la paraula 0. Cada paraula pot contenir fins a 16 bits (Del 0 al 15).

%QX : S'utilitza per definir la direcció d'una sortida digital. Per exemple, %QX1.0 correspondria a una sortida digital, relacionada amb el bit 0 de la paraula 1. Cada paraula pot contenir fins a 16 bits (Del 0 al 15).

%IW: S'utilitza per definir la direcció d'una entrada analògica. Definim la variable com a word (8bits), per tant, com que les variables utilitzades en el projecte, són del tipus integer (16bits), utilitzarem dos canals consecutius, per tal de definir la variable. Per exemple, %IW30, correspondria a una entrada analògica, del tipus integer, relacionada amb les direccions IW30 i IW31.

[Tipologia de la variable]: Les variables utilitzades en el projecte, poden ser del tipus:

BOOL: Entrades i sortides digitals.

INT: Entrades analògiques.



Alhora de definir les variables, s'ha de tenir en compte que totes les variables, siguin del tipus que siguin, comparteixen la mateixa memòria, amb la qual cosa no podem utilitzar la mateixa area per definir dos tipus de variables. Per exemple, no podríem definir una entrada amb la direcció %IX1.5 i alhora una sortida amb la direcció %QX1.5, ja que es tracta de la mateixa posició de memòria. En l'aplicació desenvolupada, hem utilitzat les següents àrees de memòria, en funció de la tipologia d'entrada:

- Canal 0: Entrades digitals
- Canal 1: Sortides digitals
- Canal 10 i consecutius: Entrades analògiques

Tenint en compte aquestes consideracions, definirem des de la pantalla TwinCAT PLC el llistat d'entrades i sortides utilitzades en l'aplicació. Obrirem TwinCAT PLC, des de la icona de TwinCAT de la barra d'eines de Windows, clicant sobre "PLC Control" (Visualitzat a la Figura 5.18).

```

0001 VAR_GLOBAL
0002
0003 DI_Entrada_1 AT %IX0.0: BOOL;
0004 DI_Entrada_2 AT %IX0.1: BOOL;
0005 DI_Entrada_3 AT %IX0.2: BOOL;
0006 DI_Entrada_4 AT %IX0.3: BOOL;
0007 DI_Entrada_5 AT %IX0.4: BOOL;
0008 DI_Entrada_6 AT %IX0.5: BOOL;
0009 DI_Entrada_7 AT %IX0.6: BOOL;
0010 DI_Entrada_8 AT %IX0.7: BOOL;
0011 DI_Entrada_9 AT %IX0.8: BOOL;
0012 DI_Entrada_10 AT %IX0.9: BOOL;
0013 DI_Entrada_11 AT %IX0.10: BOOL;
0014 DI_Entrada_12 AT %IX0.11: BOOL;
0015
0016 DO_EV_Oxigenar_R1 AT %QX1.0: BOOL;
0017 DO_EV_Descomprimir_R1 AT %QX1.1: BOOL;
0018 DO_EV_Oxigenar_R2 AT %QX1.2: BOOL;
0019 DO_EV_Descomprimir_R2 AT %QX1.3: BOOL;
0020 DO_EV_Oxigenar_R3 AT %QX1.4: BOOL;
0021 DO_EV_Descomprimir_R3 AT %QX1.5: BOOL;
0022 DO_EV_Oxigenar_R4 AT %QX1.6: BOOL;
0023 DO_EV_Descomprimir_R4 AT %QX1.7: BOOL;
0024 DO_EV_Oxigenar_R5 AT %QX1.8: BOOL;
0025 DO_EV_Descomprimir_R5 AT %QX1.9: BOOL;
0026 DO_EV_Oxigenar_R6 AT %QX1.10: BOOL;
0027 DO_EV_Descomprimir_R6 AT %QX1.11: BOOL;
0028
0029 AI_Sonda_Oxigen_S1 AT %IW10: INT;
0030 AI_Sonda_Temperature_S1 AT %IW12: INT;
0031 AI_Sonda_Oxigen_S2 AT %IW14: INT;
0032 AI_Sonda_Temperature_S2 AT %IW16: INT;
0033 AI_Sonda_Oxigen_S3 AT %IW18: INT;
0034 AI_Sonda_Temperature_S3 AT %IW20: INT;
0035 AI_Sonda_Oxigen_S4 AT %IW22: INT;
0036 AI_Sonda_Temperature_S4 AT %IW24: INT;
0037 AI_Sonda_Oxigen_S5 AT %IW26: INT;
0038 AI_Sonda_Temperature_S5 AT %IW28: INT;
0039 AI_Sonda_Oxigen_S6 AT %IW30: INT;
0040 AI_Sonda_Temperature_S6 AT %IW32: INT;
0041
0042 END_VAR

```

**Figura 5.30.-** Definició de les entrades/sortides utilitzades a l'aplicació des de la pantalla PLC Control

A la Figura 5.30 podem observar que en la definició de les entrades digitals, no s'ha assignat cap comentari relacionat amb l'aplicació ja que realment aquestes entrades no s'utilitzen, es van instal·lar per futures ampliacions. La resta de variables, corresponents a les sortides digitals i entrades analògiques, s'han definit tenint en compte que cada respiròmetre disposa de dues sortides digitals, que controlen la vàlvula d'oxigenació i la de descompressió, i dues entrades analògiques, corresponents a les sondes d'oxigen i de temperatura.

Un cop definides les variables, compilarem el projecte i generarem el fitxer que ens permetrà importar aquestes variables, des del System Manager. Per fer-ho clicarem sobre "Build", que ens apareix en el menú "Project". Això ens generarà un fitxer amb extensió \*.tpy que podem llegir des del System Manager.

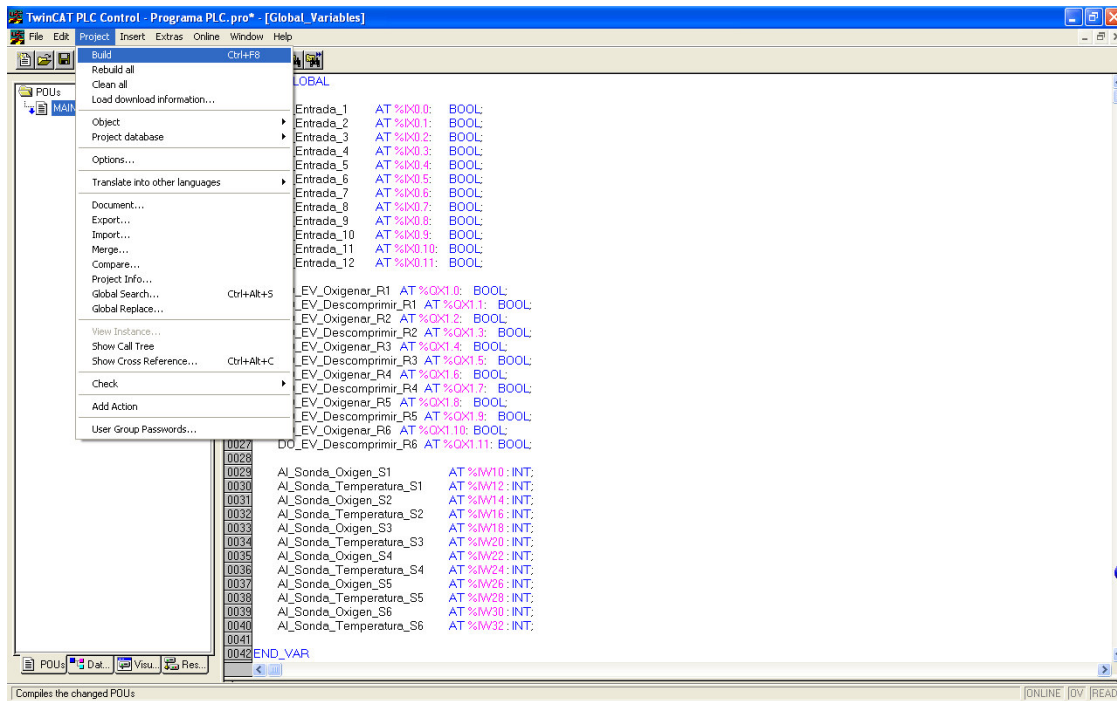


Figura 5.31.- Compilació del projecte des de la pantalla PLC Control

Un cop definides les variables, accedirem al programa System Manager i importarem les variables. Des de “Programa PLC-Image” de “PLC-Configuración”, modificarem el paràmetre Path, seleccionant la ruta d’accés on s’ha generat el fitxer \*.tpy, que correspondrà a la mateixa carpeta on teníem guardat el projecte fet amb PLC Control.

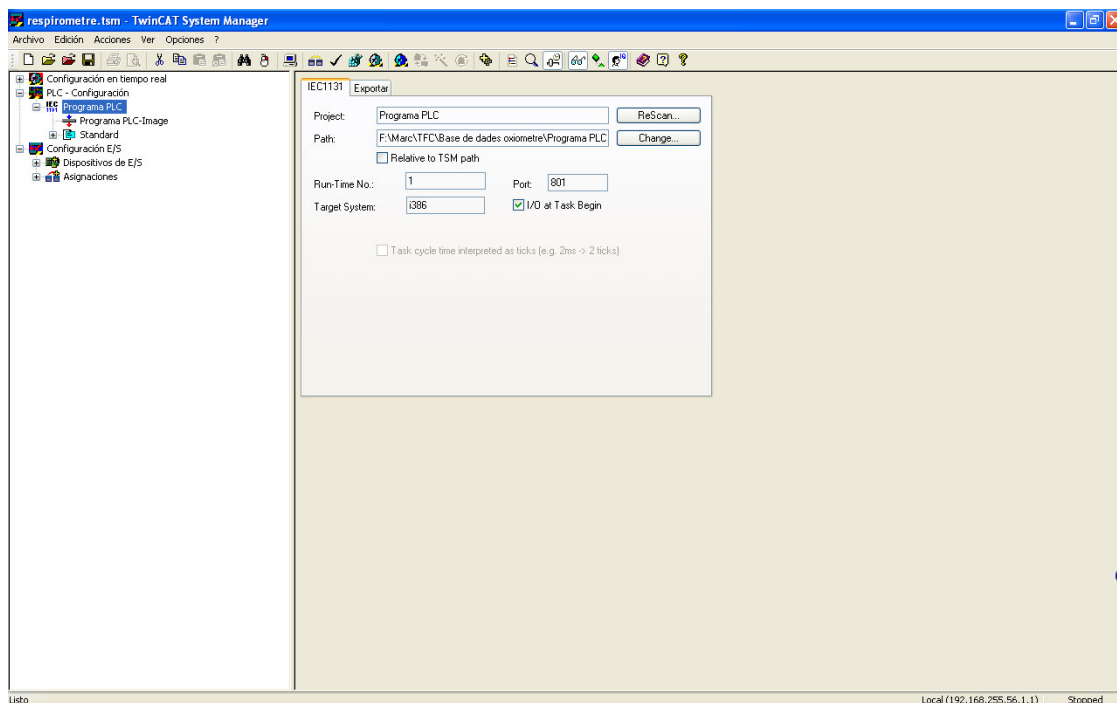


Figura 5.32.- Importació de les variables generades des de PLC Control al System Manager

Un cop introduïda la ruta d'accés, ens apareixerà un missatge on hem de confirmar si volem explorar el projecte:



Figura 5.33.- Confirmació per importar les variables definides des de PLC Control al System Manager

Un cop importat el projecte, ens apareixeran les variables, amb el nom, el tipus i direcció, que havíem definit des de PLC Control dins System Manager:

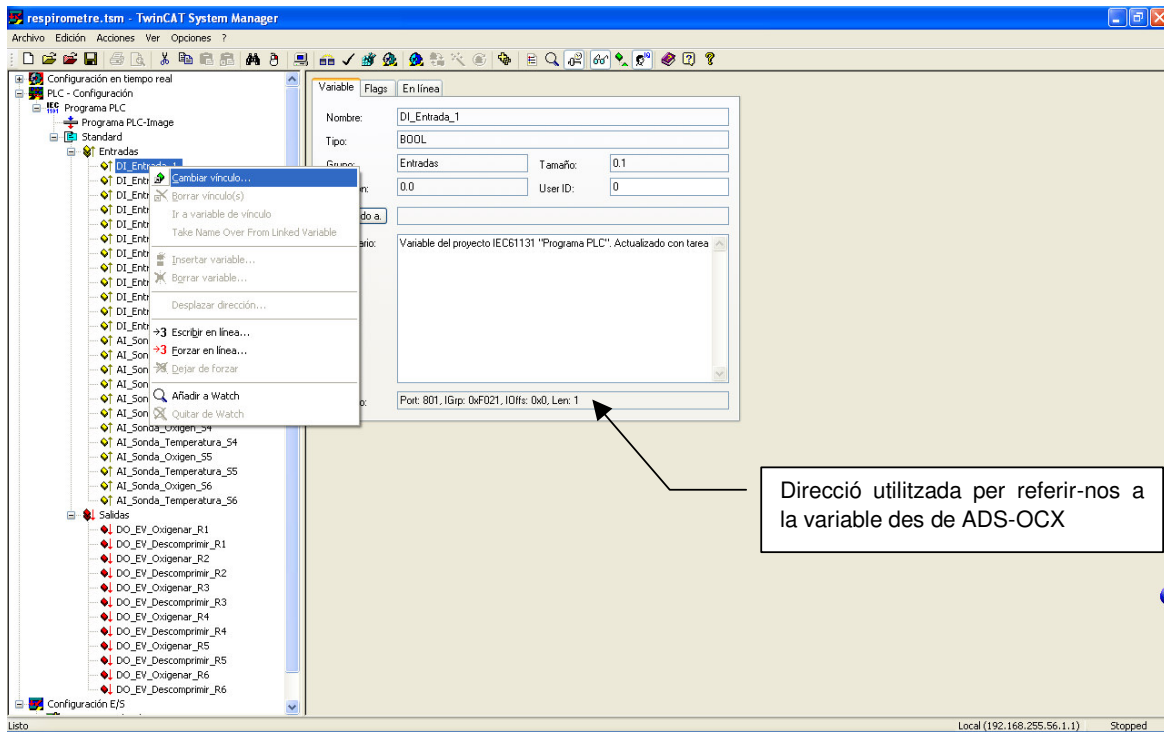
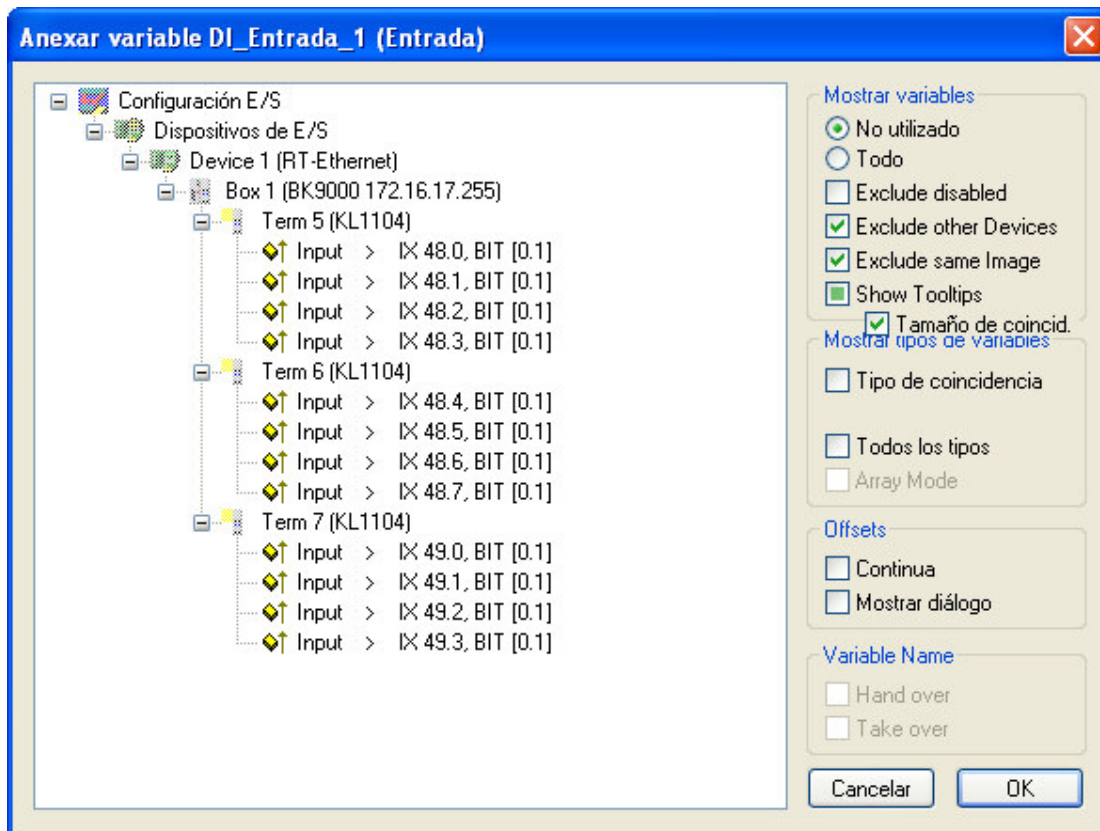


Figura 5.34.- Variables importades de l'aplicació de PLC Control al System Manager

A la Figura 5.34 podem observar que per a cadascuna de les entrades i sortides definides, ens apareixen uns paràmetres que ens indiquen el Port de configuració, el Grup, l'Offset i el tamany de la variable. Aquesta informació defineix la posició de memòria utilitzada per la variable, i s'utilitza per comunicar amb el control ADS-OCX, que es comenta en l'apartat següent.

Un cop importades les variables al System Manager, el següent pas és vincular cadascuna d'aquestes variables amb la seva entrada/sortida física. Nosaltres podem tenir, per exemple, una variable que es digui "DO\_EV\_Oxigenar\_R1", però es necessari que la relacionem amb la sortida que realment controla aquesta vàlvula, d'aquesta forma quan modifiquem el valor de la variable, modificarem també l'estat de la vàlvula. Per determinar aquestes relacions ho farem clicant sobre "Cambiar Vinculo" del menú que ens apareix al clicar amb el botó dret del ratolí sobre cada variable.



**Figura 5.35.-** Relacionar variables amb la seva entrada/sotida física des del System Manager

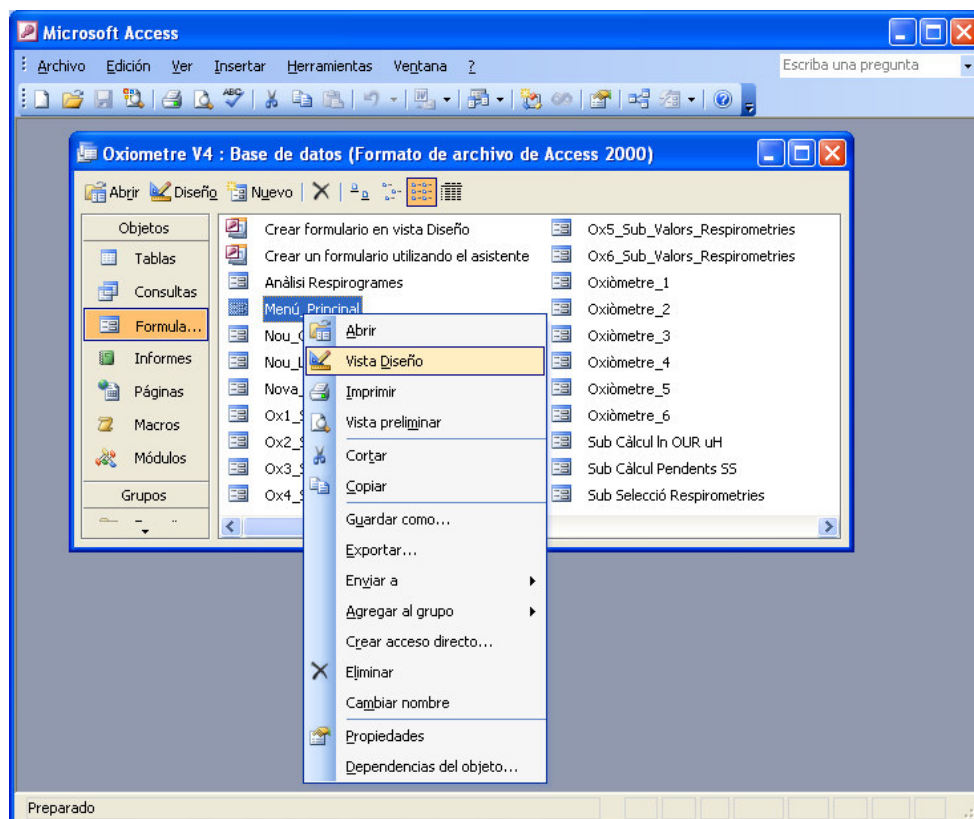
En l'exemple representat a la Figura 5.35, havíem seleccionat una entrada digital, per tant, l'aplicació ens mostra les diferents entrades físiques disponibles, que encara no han estat assignades. Seleccionaríem un dels canals d'entrades i pulsant sobre la tecla "OK", relacionem la variable amb l'entrada en qüestió. Aquest procediment l'hauré de repetir per a totes les variables definides, sempre tenint en compte el connexionat físic del mòdul d'entrades/sortides. Per exemple, l'entrada IX48.0, correspondria a la Input 1 del primer mòdul KL1104.

Un cop relacionades les variables amb les seves entrades/sortides, TwinCAT està preparat per comunicar amb el control ADS-OCX que utilitzarem en l'aplicació. S'ha de tenir en compte que aquest mòdul no comunica directament amb les entrades/sortides, sinó amb les variables que hem definit dins el PLC Virtual.

## 5.5.- TwinCAT ADS-OCX

El control ADS-OCX, subministrat per TwinCAT, dona la possibilitat a qualsevol aplicació que suporti controls ActiveX, de comunicar amb l'aplicació TwinCAT. A través d'aquest control podrem visualitzar i modificar les variables, definides prèviament amb el programa System Manager, des d'una aplicació externa.

Els formularis de control que formen l'aplicació, s'han desenvolupat sobre l'entorn Microsoft Visual Basic integrat dins Microsoft Access, que ofereix la possibilitat d'utilitzar el control ADS-OCX. Per tal d'utilitzar-lo dins l'aplicació, el primer pas serà insertar-lo dins algun dels formularis, en l'aplicació desenvolupada, s'ha insertat en el formulari Menú principal, que es descriurà a l'apartat 5.6. Obrirem aquest formulari, en vista de disseny, seleccionant la opció "Vista Diseño" del menú que ens apareix al clicar amb el botó dret sobre el formulari.



**Figura 5.36.-** Obrir el formulari Menú Principal de l'aplicació desenvolupada sobre Microsoft Access

Un cop obert el formulari Menú principal, insertarem el control ADS-OCX, seleccionant "AdsOcx Control" de la llista que ens apareix al clicar sobre la icona "Mas controles" situada a la barra d'eines de Microsoft Access i col·locant-lo a qualsevol punt del formulari. Aquest control només és visible en temps de disseny, quan s'executi l'aplicació no serà visible.

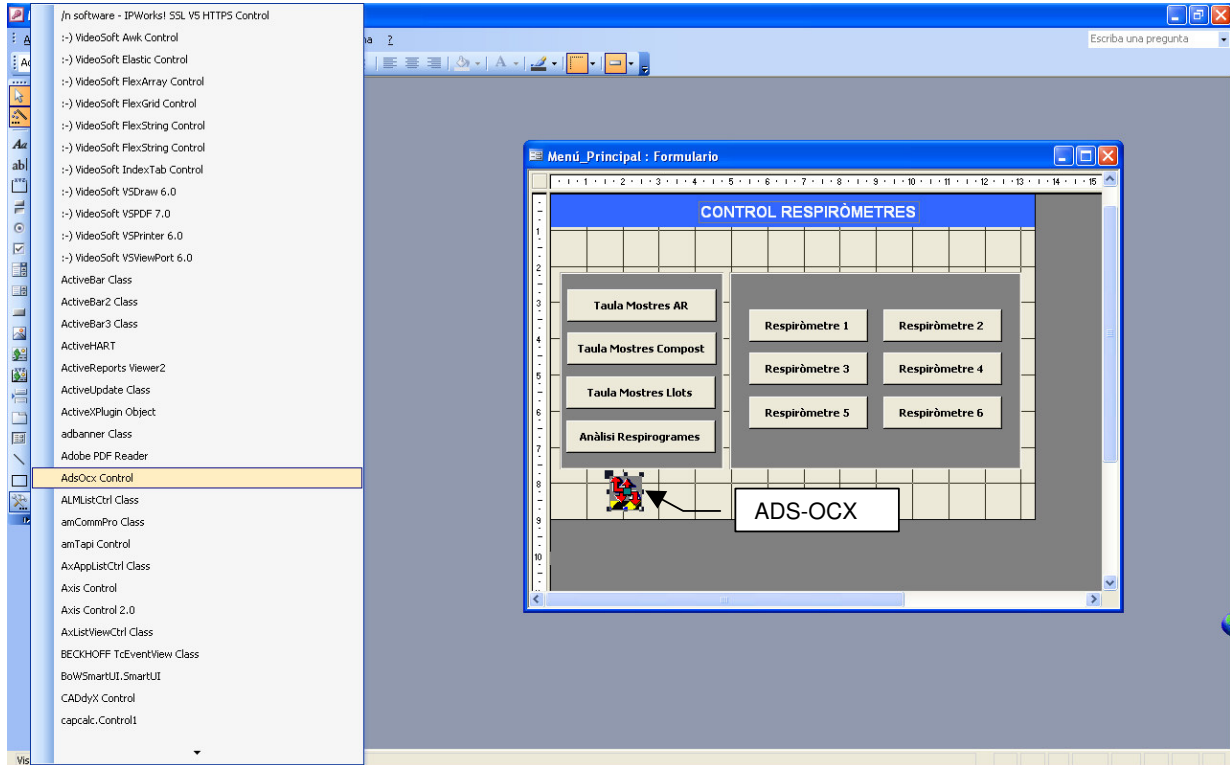


Figura 5.37.- Insertar control ADS-OCX sobre el formulari de Microsoft Access

Un cop insertat el control dins el formulari, el següent pas serà configurar les comunicacions amb TwinCAT. Per fer-ho clicarem sobre el control que hem insertat, i ens apareixerà la següent pantalla:

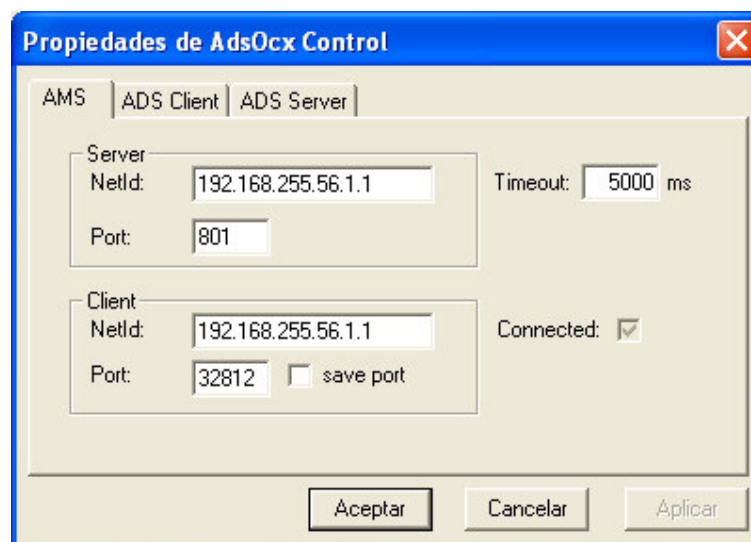


Figura 5.38.- Pantalla de configuració del control ADS-OCX



A través de la pantalla representada a la Figura 5.38, podem configurar on s'han d'anar a llegir les dades (Sevidor) i qui les vol llegir (Client). En el nostre cas el servidor de dades (TwinCAT) i l'aplicació estan ubicats en el mateix PC, per tant, l'adreça serà comuna pels dos i correspondrà a la IP que podem visualitzar a la part inferior dreta de la pantalla System Manager del TwinCAT.

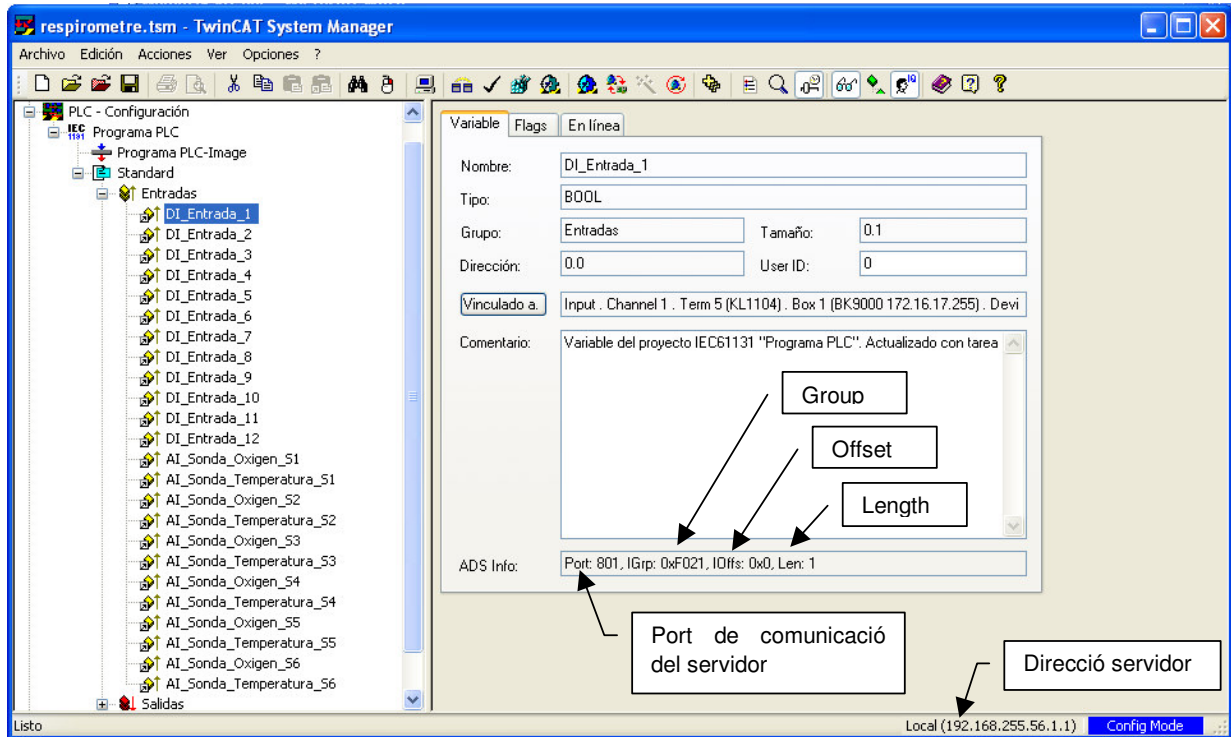


Figura 5.39.- Visualització del paràmetre NetId i port de comunicació des del System Manager

Per determinar l'origen i el destí de les dades, no només es necessària la IP, sinó que hem d'introduir el port de comunicació. En el cas del servidor, TwinCAT, transmet les variables d'entrada i sortida a través del port 801 i en el cas del client, hem de seleccionar un port lliure dins el PC, en l'aplicació desenvolupada, el 32812 que el determina el mateix control ADS-OCX.

Des de les pestanyes ADS Client i ADS Server de la pantalla de configuració del control ADS-OCX, podem visualitzar l'estat de les comunicacions entre el client i el servidor.

Un cop configurat el control ADS-OCX, ja podem llegir les variables d'entrada i escriure les de sortida, creades amb el System Manager. Per fer-ho utilitzarem les instruccions que ens ofereix el mateix control:

➤ Llegir entrades digitals:

```
object.AdsSyncReadBoolReq(
    Group      As Long,
    Offset     As Long,
    Length     As Long,
    Data       As [Datatype]) As Long
```

➤ Escriure sortides digitals:

```
object.AdsSyncWriteBoolReq(
    Group      As Long,
    Offset     As Long,
    Length     As Long,
    Data       As [Datatype]) As Long
```

➤ Llegir entrades analògiques:

```
object.AdsSyncReadIntegerReq(
    Group      As Long,
    Offset     As Long,
    Length     As Long,
    Data       As [Datatype]) As Long
```

De les instruccions comentades anteriorment, els paràmetres [Group], [Offset] i [Length] els podem obtenir directament del programa System Manager (Figura 5.39), clicant sobre les diferents variables. Cada variable tindrà uns valors que determinaran la seva posició a memòria i indicaran al control ADS-OCX on anar a llegir i/o escriure la informació. TwinCAT ordena les variables en grups, en funció de la seva tipologia, d'aquesta forma les entrades digitals estaran dins el grup amb adreça 0xF021, les entrades analògiques dins 0xF020 i les sortides dins 0xF031. Cada grup agruparà un conjunt de variables, que estaran indexades a través del paràmetre [Offset]. El paràmetre [Length] ens determina l'ocupació de la variable a memòria, per exemple, una variable tipus Integer (entrada analògica) estarà formada per dues paraules, per tant [Length] prendrà el valor 2. No es necessari que ens preocupem del grup que està cada variable, offset d'aquesta dins el grup, o el seu tamany, ja que System Manager ens ho determina automàticament per a totes les variables definides.

El paràmetre [Data] es la variable, definida des de Visual Basic, on s'escriurà el valor, en el cas de llegir una entrada, o on es llegirà el valor, en el cas d'escriure una sortida.

En l'aplicació desenvolupada s'ha col·locat un temporitzador, que cada segon actualitza el valor de les entrades i sortides de l'aplicació, amb el codi:

➤ Rutina de lectura de les entrades analògiques:

```
Public Sub Lectura_Oxiometres()

    On Error Resume Next

    'Lectura oxigen Oxiometre 1
    Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &HA&, 2, Lectura_Ox1_INT)
    Lectura_Ox1 = Format(Lectura_Ox1_INT / (32767 / 20), "###0.00")

    'Lectura temperatura Oxiometre 1
    Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &HC&, 2, Lectura_Temperatura_Ox1_INT)
    Lectura_Temperatura_Ox1 = Format(Lectura_Temperatura_Ox1_INT / (32767 / 100), "###0.0")

    'Lectura oxigen Oxiometre 2
    Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &HE&, 2, Lectura_Ox2_INT)
    Lectura_Ox2 = Format(Lectura_Ox2_INT / (32767 / 20), "###0.00")

    'Lectura temperatura Oxiometre 2
    Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H10&, 2, Lectura_Temperatura_Ox2_INT)
    Lectura_Temperatura_Ox2 = Format(Lectura_Temperatura_Ox2_INT / (32767 / 100), "###0.0")
```



```

'Lectura oxigen Oxiometre 3
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H12&, 2, Lectura_Ox3_INT)
Lectura_Ox3 = Format(Lectura_Ox3_INT / (32767 / 20), "###0.00")

'Lectura temperatura Oxiometre 3
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H14&, 2, Lectura_Temperatura_Ox3_INT)
Lectura_Temperatura_Ox3 = Format(Lectura_Temperatura_Ox3_INT / (32767 / 100), "###0.0")

'Lectura oxigen Oxiometre 4
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H16&, 2, Lectura_Ox4_INT)
Lectura_Ox4 = Format(Lectura_Ox4_INT / (32767 / 20), "###0.00")

'Lectura temperatura Oxiometre 4
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H18&, 2, Lectura_Temperatura_Ox4_INT)
Lectura_Temperatura_Ox4 = Format(Lectura_Temperatura_Ox4_INT / (32767 / 100), "###0.0")

'Lectura oxigen Oxiometre 5
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H1A&, 2, Lectura_Ox5_INT)
Lectura_Ox5 = Format(Lectura_Ox5_INT / (32767 / 20), "###0.00")

'Lectura temperatura Oxiometre 5
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H1C&, 2, Lectura_Temperatura_Ox5_INT)
Lectura_Temperatura_Ox5 = Format(Lectura_Temperatura_Ox5_INT / (32767 / 100), "###0.0")

'Lectura oxigen Oxiometre 6
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H1E&, 2, Lectura_Ox6_INT)
Lectura_Ox6 = Format(Lectura_Ox6_INT / (32767 / 20), "###0.00")

'Lectura temperatura Oxiometre 6
Call AdsOcx0.AdsSyncReadIntegerReq(&HF020&, &H20&, 2, Lectura_Temperatura_Ox6_INT)
Lectura_Temperatura_Ox6 = Format(Lectura_Temperatura_Ox6_INT / (32767 / 100), "###0.0")

```

Podem observar que per llegir les lectures d'oxigen i temperatura dels 6 respiròmetres, s'ha utilitzat la instrucció "AdsSyncReadIntegerReq", de l'objecte AdsOcx0, que es el nom que hem assignat a l'objecte que hem insertat dins el formulari "Menú Principal". Totes les instruccions tenen el mateix valor als paràmetres [Group] i [Length], perquè estem llegint variables del mateix tipus. El paràmetre [Offset] podem veure que es diferent a totes les instruccions, ja que estem indexant a variables diferents. El paràmetre [Data] conté la variable que hem creat des de l'entorn Visual Basic i que relacionem amb la entrada física.

La instrucció que hem definit junt a cada instrucció "AdsSyncReadIntegerReq" ens serveix per escalar la lectura que obtenim de la sonda en funció dels fons d'escala ajustats en l'oxiòmetre. Hem configurat que la sortida analògica corresponent a la sonda d'oxigen, per tal que entregui 20 mA quan l'oxigen dissolt sigui igual a 20 mgO<sub>2</sub>/L i la sortida corresponent a la sonda de temperatura, que entregui 20 mA quan la temperatura sigui de 100 °C. Segons la configuració que hem realitzat des System Manager, un valor de 4mA en una entrada analògica, correspondrà a un valor de la variable relacionada igual a 0 i quan prengui el valor de 20mA correspondrà a un valor de 32767. D'aquesta forma, dividint per 32767 i multiplicant per el fons d'escala ajustat a l'oxiòmetre, podem escalar la lectura de la variable, per obtenir el valor real llegit per la sonda.

➤ Rutina d'escriptura de les sortides digitals:

```
Public Sub Escriptura_Sortides()

    On Error Resume Next

    'Vàlvula oxigenar oxiòmetre 1
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &H8&, 1, Vàlvula_Oxigenar_Ox1)
    'Vàlvula descompressió oxiòmetre 1
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &H9&, 1, Vàlvula_Descompressió_Ox1)
    'Vàlvula oxigenar oxiòmetre 2
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &H8&, 1, Vàlvula_Oxigenar_Ox2)
    'Vàlvula descompressió oxiòmetre 2
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &HB&, 1, Vàlvula_Descompressió_Ox2)
    'Vàlvula oxigenar oxiòmetre 3
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &HC&, 1, Vàlvula_Oxigenar_Ox3)
    'Vàlvula descompressió oxiòmetre 3
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &HD&, 1, Vàlvula_Descompressió_Ox3)
    'Vàlvula oxigenar oxiòmetre 4
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &HE&, 1, Vàlvula_Oxigenar_Ox4)
    'Vàlvula descompressió oxiòmetre 4
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &HF&, 1, Vàlvula_Descompressió_Ox4)
    'Vàlvula oxigenar oxiòmetre 5
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &H10&, 1, Vàlvula_Oxigenar_Ox5)
    'Vàlvula descompressió oxiòmetre 5
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &H11&, 1, Vàlvula_Descompressió_Ox5)
    'Vàlvula oxigenar oxiòmetre 6
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &H12&, 1, Vàlvula_Oxigenar_Ox6)
    'Vàlvula descompressió oxiòmetre 6
    Call AdsOcx0.AdsSyncWriteBoolReq(&HF031&, &H13&, 1, Vàlvula_Descompressió_Ox6)

End Sub
```

Per determinar l'estat de les sortides digitals, s'ha utilitzat la instrucció "AdsSyncReadBoolReq", de l'objecte AdsOcx0. Igual que en el cas de les entrades analògiques, totes les instruccions tenen el mateix valor als paràmetres [Group] i [Length], ja que estem escrivint sobre variables del mateix tipus. El paràmetre [Offset] va variant en cada instrucció, en funció del valor que podem obtenir des de la pantalla del System Manager.

## **5.6.- Microsoft Office Access**

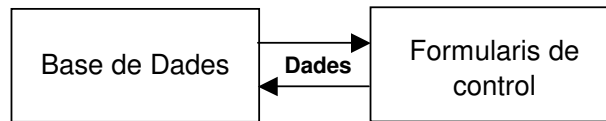
La primera decisió important alhora de començar l'aplicació desenvolupada en aquest projecte, va ser escollir l'entorn sobre el qual es desenvoluparia l'aplicació. Aquesta decisió condicionaria la realització de tot el projecte, ja que l'aplicació s'hauria d'adaptar als recursos que ens oferís l'entorn escollit. Per tal de treballar amb el control ADS-OCX comentat a l'apartat anterior, era necessari escollir un entorn que ens permetés utilitzar controls ActiveX, d'aquesta forma, un dels entorns idonis era Microsoft Visual Basic que apart de les amplies possibilitats i eines que ens donava alhora de generar els formularis, permetia la utilització d'aquests controls. D'altre banda, era necessari escollir la base de dades que s'utilitzaria per tal d'emmagatzemar les dades obtingudes en els mostreigs i els anàlisis de les respirometries. La necessitat d'aquests dos entorns ens va impulsar a desenvolupar l'aplicació sobre Microsoft Access, que apart de ser un sistema de gestió de bases de dades relacionals, integra l'entorn Microsoft Visual Basic donant totes les seves funcionalitats alhora de desenvolupar els formularis de control. D'aquesta forma, podíem realitzar tota l'aplicació des d'un sol entorn, sense necessitat d'utilitzar un gestor de bases de dades i Microsoft Visual Basic per separat.

Un dels avantatges que ens ofereix Microsoft Access es la seva simplicitat, ja que qualsevol usuari amb coneixements mínims de programació pot realitzar consultes a la base de dades o gestionar les dades. D'aquesta forma, l'aplicació emmagatzemaria les dades a la base de dades i l'usuari podria treballar i modificar aquestes dades de forma relativament simple, fent que l'aplicació fos "oberta" a qualsevol usuari amb uns coneixements mínims de programació.

Microsoft Access està distribuït dins el paquet Microsoft Office, de Microsoft, utilitzat en molts ordinadors i accessible a qualsevol usuari. Aquest factor també es molt important, ja que permet als usuaris executar l'aplicació en qualsevol ordinador que disposi de Microsoft Office. Com es comentarà en apartats posteriors, l'aplicació està dividida en dues parts importants: el mòdul de mostreig i el d'anàlisi. El mostreig no funcionarà si el PC on s'està executant l'aplicació no té instal·lat el programa TwinCAT i no està connectat amb el mòdul d'entrades/sortides dels respiròmetres, tot i això, el mòdul d'anàlisi pot treballar sense necessitat de tenir aquests elements instal·lats. Això ens permetria realitzar els mostreig de les respirometries, des del PC-Industrial utilitzat en aquesta aplicació, i exportar les dades per realitzar l'anàlisi des de qualsevol ordinador que disposi de Microsoft Office.

## **6.- Descripció de l'aplicació**

L'aplicació s'ha desenvolupat sobre l'entorn Microsoft Access, on s'integren els formularis de control i la Base de Dades. El seu funcionament es basa amb la interacció entre aquests dos elements, cadascun amb una funció específica.



**Figura 6.1.- Estructura general de l'aplicació**

La Base de Dades es l'encarregada d'emmagatzemar la informació introduïda per l'usuari o generada per la mateix aplicació, per poder ser visualitzada o analitzada posteriorment.

Els formularis de control, s'utilitzen com a interfície amb l'usuari i són els responsables de realitzar el control dels elements externs, emmagatzematge i anàlisi de les dades obtingudes de les respirometries, i presentació de les dades i resultats a l'usuari.

Entre els dos elements s'estableix un flux bidireccional de les dades, permetent l'emmagatzematge i lectura de la Base de Dades des dels formularis de control.

## **6.1.- Descripció de la Base de Dades**

### **6.1.1.- Informació generada per l'aplicació**

Com s'ha comentat, la Base de Dades es l'encarregada d'emmagatzemar les dades generades per l'aplicació. L'anàlisi d'aquestes dades serà el que ens permetrà determinar els camps de la Base de Dades i posteriorment serem capaços de definir la seva estructura. D'aquesta forma, començarem fent un anàlisi de la informació que ens genera l'aplicació, determinant les dades a emmagatzemar per a cadascuna de les seves funcions:

- Guardar informació de les característiques de les mostres analitzades
- Guardar informació representativa de cada respirograma
- Emmagatzemar les dades obtingudes del mostreig dels diferents respirogrames
- Analitzar les dades dels respirogrames

Cadascun d'aquests punts ens defineix un conjunt de camps necessaris a la Base de Dades:

➤ **Informació sobre les mostres analitzades:**

Els respirogrames es podran realitzar utilitzant tres tipus de mostres, tot i això, existeixen un conjunt de paràmetres que són comuns per a qualsevol tipus de mostra:

<b>Paràmetre</b>	<b>Format</b>	<b>Descripció</b>
Codi de mostra	Text	Codi únic identificatiu de cada mostra
Comentari	Text	Descripció del tipus de mostra
Laborant	Text	Persona que entra la nova mostra
Dia entrada	Data	Dia de registre de la nova mostra
Hora entrada	Data	Hora de registre de la nova mostra
Observacions	Text	Observacions de la nova mostra

Els tres tipus de mostres que podem tenir són:

1. **Aigua Residual:**

<b>Paràmetre</b>	<b>Format</b>	<b>Descripció</b>
PH	Numèric	PH
CE	Numèric	Conductivitat elèctrica
SST	Numèric	Sòlids suspesos totals
SSV	Numèric	Sòlids suspesos volàtils
DQO	Numèric	Demanda química d'oxigen
DQOd	Numèric	Demanda química d'oxigen decantat

2. **Compost:**

<b>Paràmetre</b>	<b>Format</b>	<b>Descripció</b>
PH	Numèric	PH
CE	Numèric	Conductivitat elèctrica
ST	Numèric	Sòlids totals
SV	Numèric	Sòlids volàtils
COX	Numèric	Carboni orgànic oxidable
DOC	Numèric	Carboni orgànic dissolt

3. Llots:

Paràmetre	Format	Descripció
PH	Numèric	PH
CE	Numèric	Conductivitat elèctrica
SST	Numèric	Sòlids en suspensió totals
SSV	Numèric	Sòlids en suspensió volàtils
TRH	Numèric	Temps de retenció de sòlids

➤ Informació sobre els respirogrames:

Es poden realitzar dos tipus de respirogrames, tot i això, existeixen un conjunt de paràmetres que són comuns:

Paràmetre	Format	Descripció
Codi respirograma	Text	Codi únic identificatiu del respirograma
Laborant	Text	Persona que realitza el respirograma
Dia respirograma	Data	Dia que es realitza el respirograma
Hora respirograma	Data	Hora que es realitza el respirograma
Observacions	Text	Observacions del respirograma
Tipus de respirograma	Text	Respirograma AR o Compost
Respiròmetre	Numèric	Respiròmetre utilitzat

Podrem realitzar dos tipus de respirogrames, cadascun amb uns paràmetres característics:

1. Respirograma AR (Aigua Residual):

Paràmetre	Format	Descripció
Codi Mostra	Text	Codi de la mostra d'aigua residual utilitzada en el respirograma
Codi Llot	Text	Codi del llot utilitzat en el respirograma
SSV	Numèric	Sòlids en suspensió volàtils de la mostra AR utilitzada
DQO	Numèric	Demanda química d'oxigen de la mostra AR utilitzada
TRH Llot	Numèric	Temps retenció de sòlids del llot utilitzat
Volum total	Numèric	Volum total de la dissolució (Aigua residual + Llots)
Volum AR	Numèric	Volum d'aigua residual utilitzat en el respirograma
Volum Llot	Numèric	Volum de llots utilitzats en el respirograma
F/M	Numèric	Relació substrat/microorganismes
Tipus de respirograma	Text	Respirograma Ss o UM

Els paràmetres SSV, DQO i TRH, podrien semblar paràmetres redundants, ja que realment fan referència als mateixos camps que hem definit en les mostres d'aigua residual i de llots. Tornem a definir-los, per donar la possibilitat de registrar qualsevol variació del seu valor, si es torna a analitzar l'aigua residual, en el moment del realitzar el respirograma. D'aquesta manera, tindrem els valors dels paràmetres en el moment en que es va entrar la nova mostra i en el moment en que es va utilitzar en un respirograma, que no necessàriament ha de coincidir.

## 2. Respirograma Compost:

Paràmetre	Format	Descripció
Codi Mostra	Text	Codi de la mostra de compost utilitzada en el respirograma
Codi Llot	Text	Codi del llot utilitzat en el respirograma
Volum total	Numèric	Volum total de la dissolució (Compost + Llots)
Volum Compost	Numèric	Volum de compost utilitzat en el respirograma
Volum Llot	Numèric	Volum de llots utilitzats en el respirograma

### ➤ Informació obtinguda del mostreig dels respirogrames:

Quan es realitzi el mostreig d'una respirometria, l'aplicació ha de ser capaç d'emmagatzemar per a cada mostra:

Paràmetre	Format	Descripció
Nº de mostra	Numèric	Número identificatiu de cada mostra
Temps	Temps	Instant en que es pren la mostra
OD	Numèric	Oxigen dissolt de la mostra obtinguda

Per cada respirometria, ens interessa tenir informació relacionada amb l'evolució de la temperatura, per aquest motiu també serà necessari registrar:

Paràmetre	Format	Descripció
Temperatura Màxima	Numèric	Temperatura Màxima de la dissolució
Temperatura Mínima	Numèric	Temperatura Mínima de la dissolució
Temperatura Mitjana	Numèric	Temperatura Mitjana de la dissolució

### ➤ Anàlisi de les dades obtingudes de cada respirograma:

Un cop obtingudes les mostres de les respirometries, l'aplicació ha de ser capaç d'analitzar aquesta informació i presentar els resultats a l'usuari. El procés d'anàlisi es realitza amb un conjunt de paràmetres que necessàriament hem de registrar, si volem que l'usuari no hagi de repetir tot el procés d'anàlisi cada cop que vol consultar uns resultats d'una respirometria ja analitzada.

El sistema serà capaç de determinar el Substrat ràpidament biodegradable ( $S_s$ ) dels respirogrames d'aigua residual i la taxa màxima de creixement específica de la biomassa heterotròfica ( $\mu_H$ ) en els respirogrames realitzats amb compost. Aquests dos paràmetres s'obtenen a partir de l'anàlisi dels pendents, fet que ens obliga a definir un nou paràmetre a la base de dades, el Pendent, per cada mostra obtinguda del mostreig. Cada pendent agruparà un conjunt de mostres que ens permetran determinar la taxa de consum d'oxigen (OUR), necessària pel càlcul de  $S_s$  i  $\mu_H$ . Per tant, definirem un nou camp, relacionat amb cada mostra:

Paràmetre	Format	Descripció
Pendent	Numèric	Numero de pendent, que conté la mostra en qüestió

La taxa de consum d'oxigen (OUR), la calcularem ajustant una recta a cada conjunt de mostres, determinades pel paràmetre Pendent, utilitzant mínims quadrats. Serà necessari emmagatzemar els paràmetres representatius de les rectes associades a cada pendent del respirograma:

Paràmetre	Format	Descripció
a	Numèric	Pendent de la recta
b	Numèric	Coordenada a l'origen de la recta
$R^2$	Numèric	Coefficient de correlació de la recta determinada

Per determinar el valor de  $S_s$  de cada respirograma, es necessari emmagatzemar a la base de dades:

Paràmetre	Format	Descripció
$Y_H$	Numèric	Coefficient de producció heterotròfic
Línea Base	Numèric	Línea que ens determina l'àrea per calcular la massa d'oxigen consumit
$S_s$	Numèric	Substrat ràpidament biodegradable

Per determinar el valor de  $\mu_H$  de cada respirograma, es necessari emmagatzemar a la base de dades:

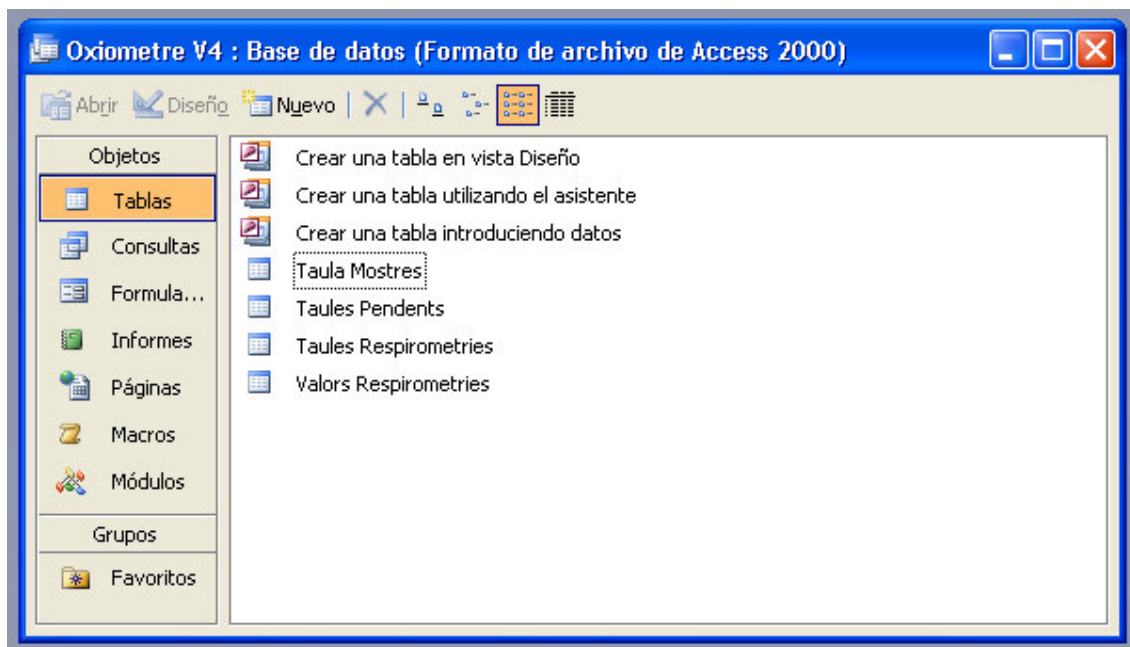
Paràmetre	Format	Descripció
$b_H$	Numèric	Taxa de mort endògena
a	Numèric	Pendent de la recta pel càlcul de $\mu_H$
b	Numèric	Coordenada a l'origen de la recta pel càlcul de $\mu_H$
$R^2$	Numèric	Coefficient de correlació de la recta determinada pel càlcul de $\mu_H$
$\mu_H$	Numèric	Taxa màxima de creixement específica de la biomassa heterotròfica



### 6.1.2.- Taules de la base de dades

A partir de la informació analitzada, estructurarem la base de dades a partir de quatre taules:

- **Taula Mostres:** Emmagatzemarà la informació representativa dels tres tipus de mostres: Aigua Residual, Compost i Llots.
- **Taula Respirometries:** Emmagatzemarà la informació representativa dels diferents respirogrames.
- **Valors Respirometries:** Emmagatzemarà els valors obtinguts del mostreig dels respirogrames.
- **Taula Pendants:** Emmagatzemarà els valors obtinguts de l'anàlisi dels respirogrames.



**Figura 6.2.-** *Taules de la base de dades Microsoft Access*

## Taula Mostres

S'ha agrupat dins una sola taula els paràmetres dels tres tipus de mostres diferenciant-los amb el camp *Tipus de mostra*, que podrà tenir els valors: "AR", "Compost" o "Llot" en funció del tipus de mostra. Tot i que aquesta opció podria no ser la més òptima, ja que en funció del tipus de mostra, hi haurà camps que no s'utilitzaran, ens simplifica les tasques de programació i, considerant que el volum d'informació que tindrà la taula es relativament petit, no hem considerat problemàtic el fet de tenir camps sense informació en determinades mostres. Cal considerar que un conjunt molt important de camps són comuns per a totes les mostres i per tant, els camps no utilitzats seran mínims.

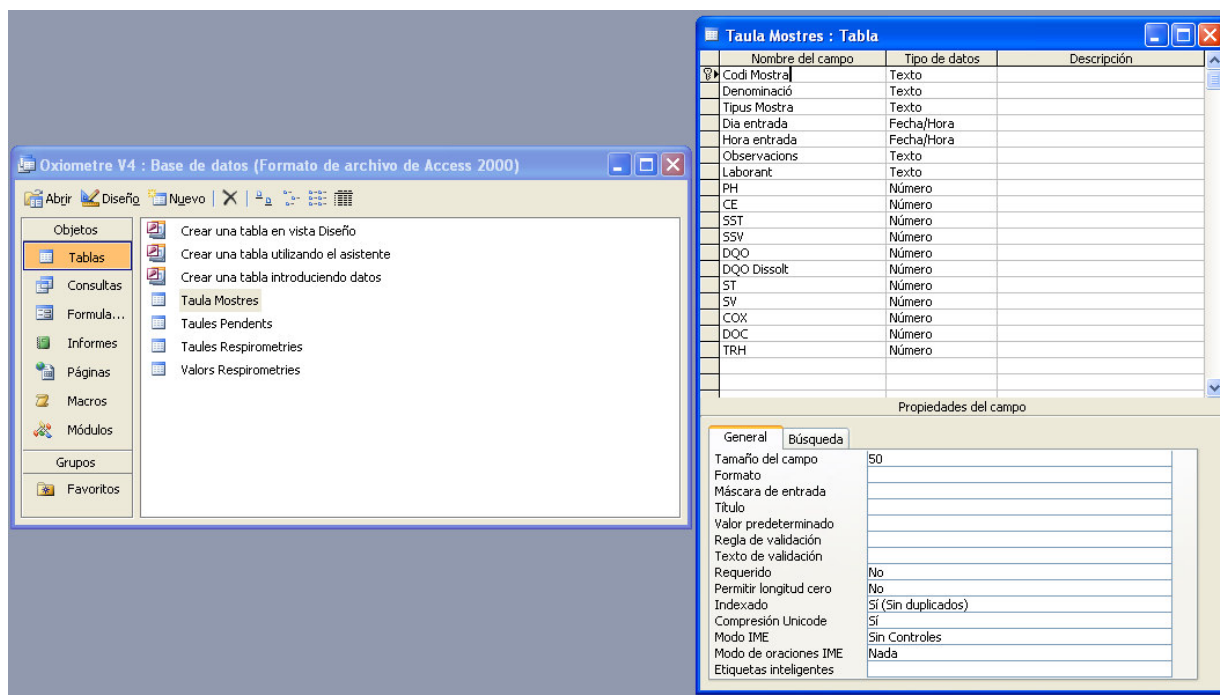


Figura 6.3.- Camps de la taula Mostres

S'ha definit el camp *Codi Mostra* com a clau principal, ja que serà el codi únic que identificarà cada mostra. El format dels camps s'ha escollit en funció de la tipologia de cada dada.

## Taula Respirometries

S'ha agrupat dins una sola taula els paràmetres dels dos tipus de respirogrames "AR" i "Compost" diferenciats amb el camp *Tipus Respirograma*, que podrà prendre un dels dos valors. Igual com passava en el cas de la taula de Mostres, aquesta opció no és la més òptima ja que existiran camps que en funció del tipus de respirograma no s'utilitzaran. Tot i això, a afectes de programació, aquesta opció es la que ens facilitava més l'accés a les dades i tenint en compte el volum d'informació que ha d'emmagatzemar la taula, no s'ha considerat problemàtic el fet de tenir camps sense informació en determinats respirogrames. Cal tenir present que només tenim 5 camps diferents entre els paràmetres característics dels dos tipus de respirogrames (només tindran informació en els respirogrames d'Aigua Residual): *Tipus Respirograma AR*, *DQO*, *SSV* i *Temps de retenció de sòlids*.

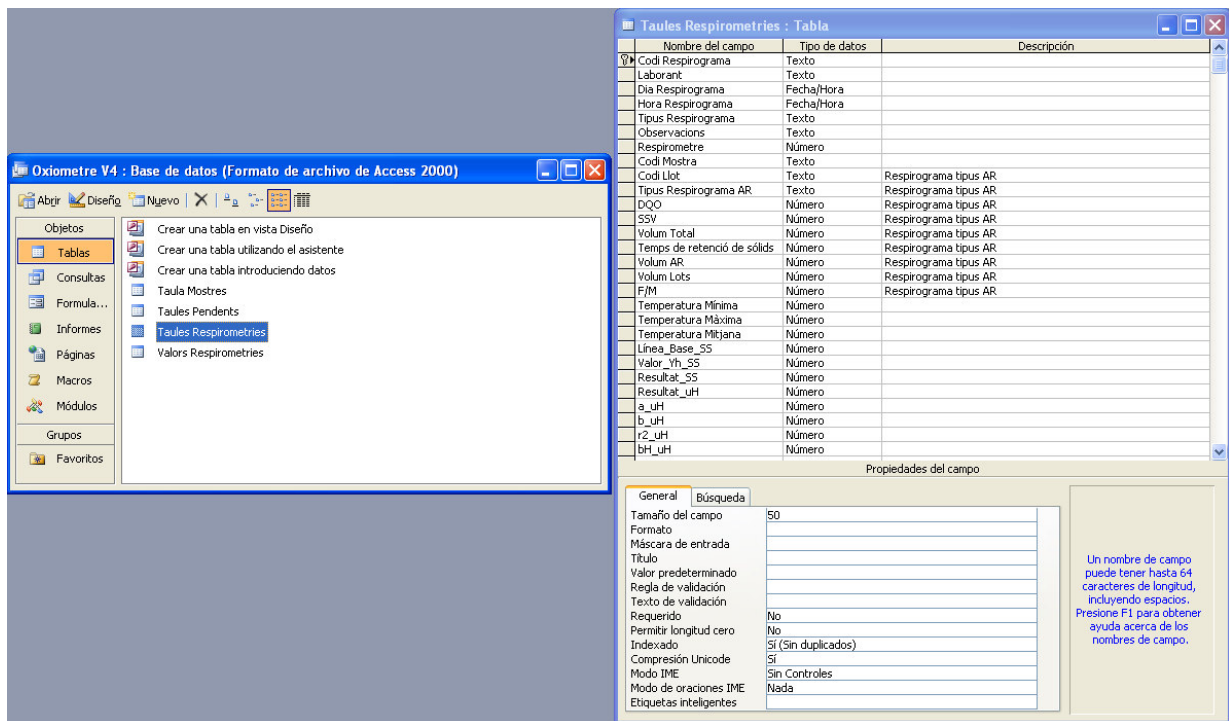


Figura 6.4.- Camps de la taula Respirometries

Junt amb els paràmetres característics de cada respirograma, s'han afegit els paràmetres de temperatura: *Temperatura Mínima*, *Temperatura Màxima* i *Temperatura Mitjana*, i els paràmetres obtinguts de l'anàlisi dels respirogrames: *Valor\_Yh\_SS*, *Línea\_Base\_SS* i *Resultat\_SS* en el cas de respirogrames d'aigua Residual, i *a\_uH*, *b\_uH*, *r2\_uH*, *bH\_uH* en el cas de respirogrames de Compost.

S'ha definit el camp *Codi Respirograma* com a clau principal, ja que serà el codi únic que identificarà cada respirograma. El format dels camps s'ha escollit en funció de la tipologia de cada dada.

## Valors Respirometries

La taula Valors Respirometries emmagatzemarà les lectures de la sonda d'oxigen obtingudes en el mostreig de les respirometries.

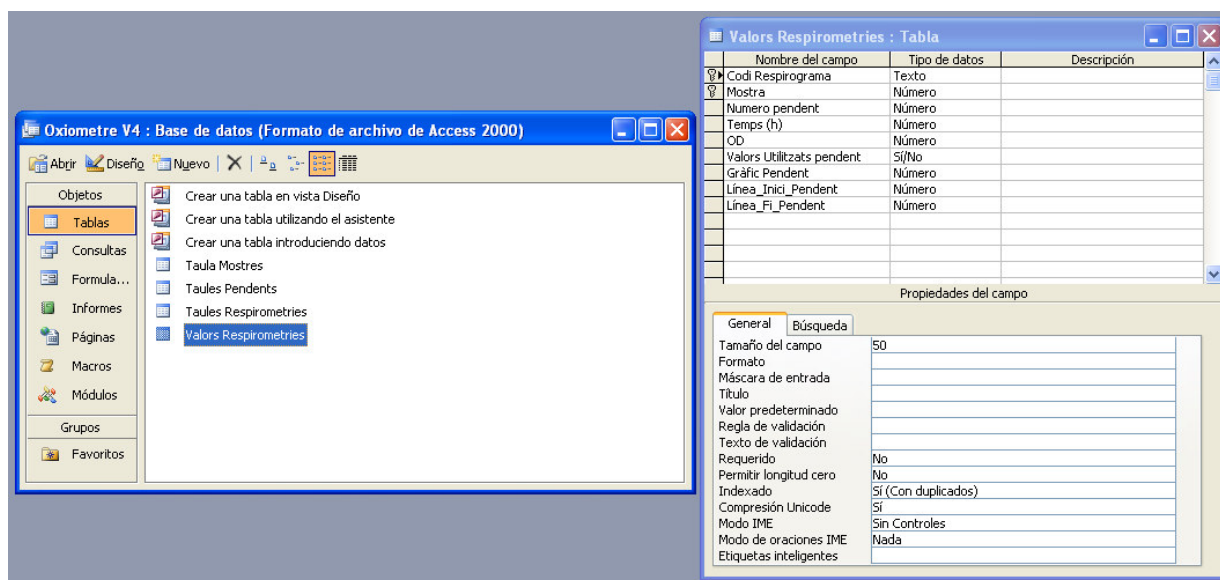


Figura 6.5.- Camps de la taula Valors Respirometries

S'ha definit el camp *Codi Respirograma*, que s'utilitzarà com a clau forània per tal de relacionar un conjunt de mostres amb un respirograma determinat.

El camp *Número pendent*, s'ha afegit junt a cada mostra per determinar el pendent que conté la mostra en qüestió. Aquest paràmetre s'utilitza en el procés d'anàlisi del respirograma.

Els camps *Valors Utilitzats pendent*, *Gràfic Pendent*, *Línea Inici Pendent* i *Línea Fi Pendent*, no s'han comentat en l'apartat anterior, ja que són paràmetres interns de l'aplicació, que s'utilitzen per representar valors en els gràfics visualitzats en l'anàlisi dels respirogrames. En la descripció dels formularis es descriurà més detalladament la seva funció.

S'han definit com a claus principals els camps *Codi Respirograma* i *Mostra*, ja que definiran cadascuna de les mostres de cadascun dels respirogrames registrats dins la taula *Taules Respirometries*. El format dels camps s'ha escollit en funció de la tipologia de cada dada.

## Taula Pendents

La taula Pendents emmagatzemarà paràmetres obtinguts de l'anàlisi de les respirometries. Molts dels camps creats en aquesta taula no s'han comentat anteriorment perquè s'utilitzen interiorment per l'aplicació per tal de realitzar els càlculs, i representar els resultats.

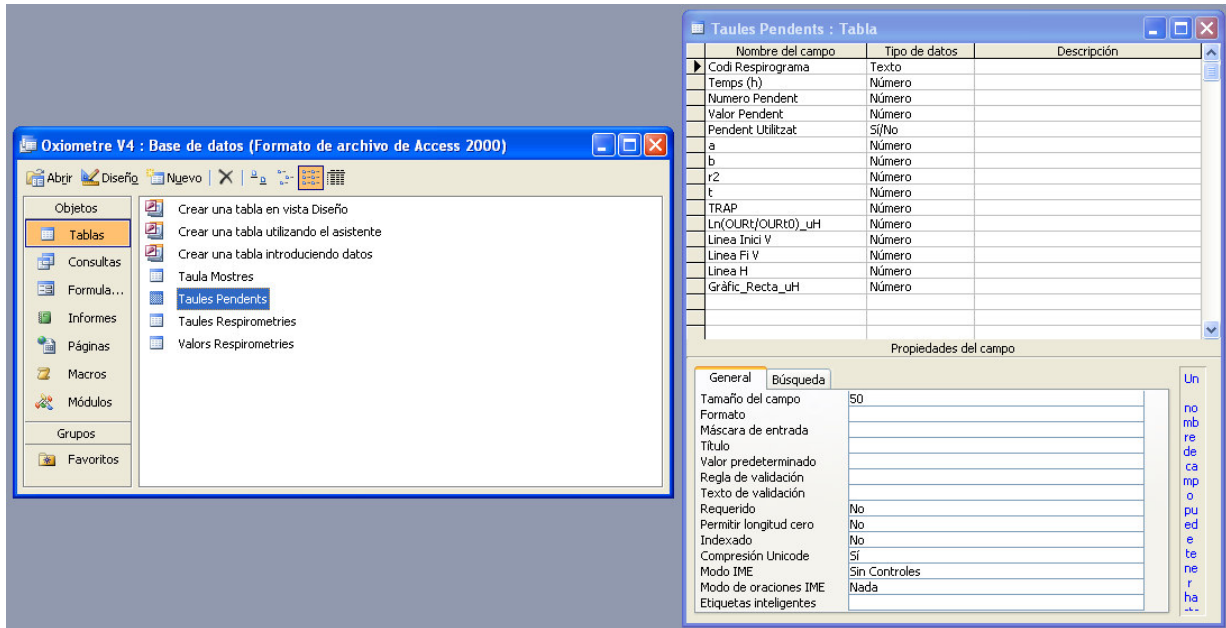


Figura 6.6.- Camps de la Pendents

S'ha definit el camp *Codi Respirograma*, que s'utilitzarà com a clau forània per tal de relacionar els pendents analitzats amb un respirograma determinat.

Els camps *a*, *b* i *r2* ens determinen la recta obtinguda per mínims quadrats, de les mostres relacionades amb el camp *Número Pendent* analitzat. Cadascun dels pendents ens determinarà un paràmetre OUR (*Valor Pendent*) que estarà relacionat amb un instant de temps *Temps(h)* compres dins d'interval mostrejat.

Els camps *t* i *TRAP* són utilitzats pel càlcul d'àrees i el camp *Ln(OURt/OURt0)* s'utilitza pel càlcul de  $\mu_H$ .

Els camps *Pendent Utilitzat*, *Línea Inici V*, *Línea Fi V*, *Línea H* i *Gràfic Recta uH* s'utilitzen per representar valors en els gràfics visualitzats en l'anàlisi dels respirogrames.

### 6.1.3.- Relacions entre les taules de la base de dades

Un cop definides les taules, comentarem les relacions que existeixen entre les mateixes. Aquestes relacions s'utilitzen per vincular les dades de les diferents taules i ens faciliten el procés de consulta de la informació:

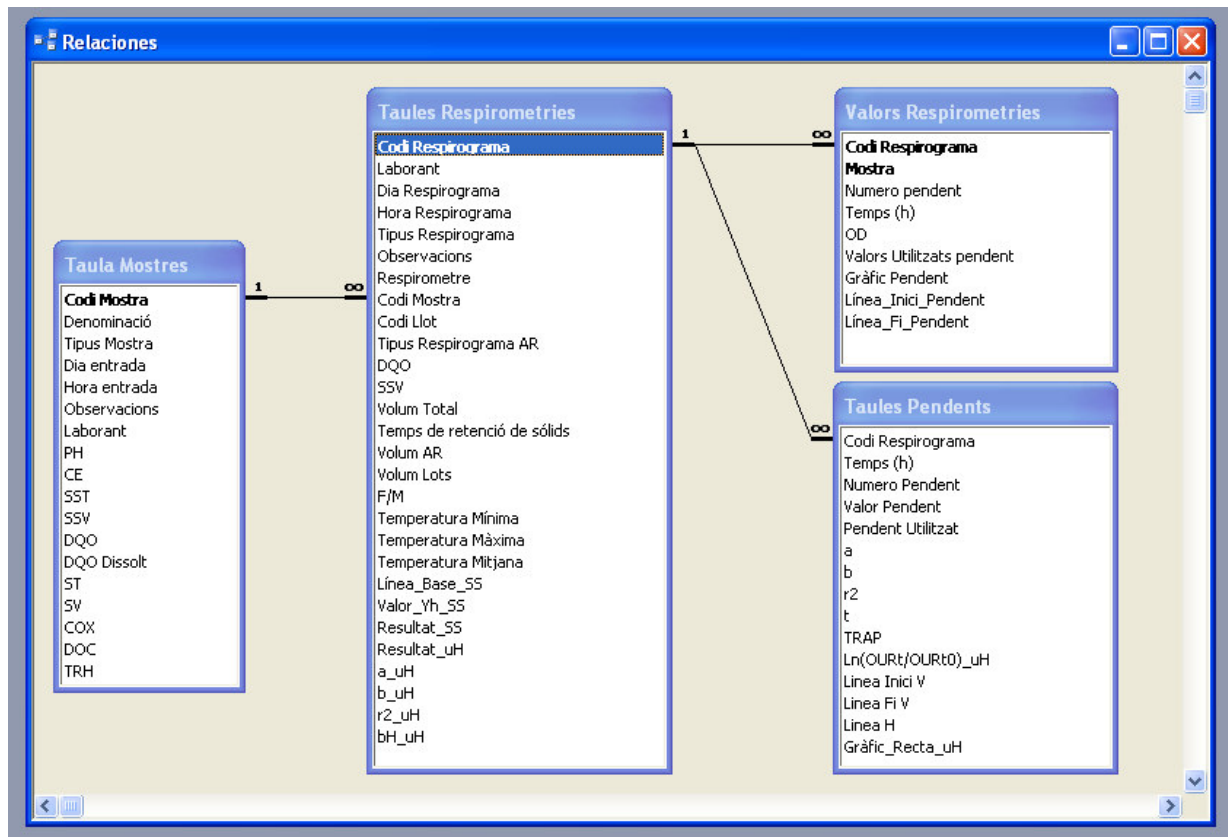


Figura 6.7.- Relacions entre les diferents taules

En la figura anterior, podem observar que existeixen dues classes de relacions. La primera ens relaciona la taula de mostres, amb la informació característica de cada mostra, amb la taula de respirometries. D'aquesta forma tenim relacionada la mostra utilitzada en un respirograma, amb les característiques introduïdes per l'usuari en el moment de registrar la mostra. La segona ens relaciona la taula de Respirometries, amb la informació emmagatzemada en el seu mostreig o en el seu anàlisi.

## 6.2.- Formularis de control

Els formularis de control, s'han desenvolupat utilitzant el mateix programa Microsoft Access, utilitzat en el desenvolupament de la Base de Dades, aprofitant les eines de programació Microsoft Visual Basic integrades dins el mateix entorn. Els formularis de control, s'utilitzen com a interfície amb l'usuari i són els responsables de realitzar el control dels elements externs, emmagatzematge i anàlisi de les dades obtingudes de les respirometries, i presentació de les dades i resultats a l'usuari.

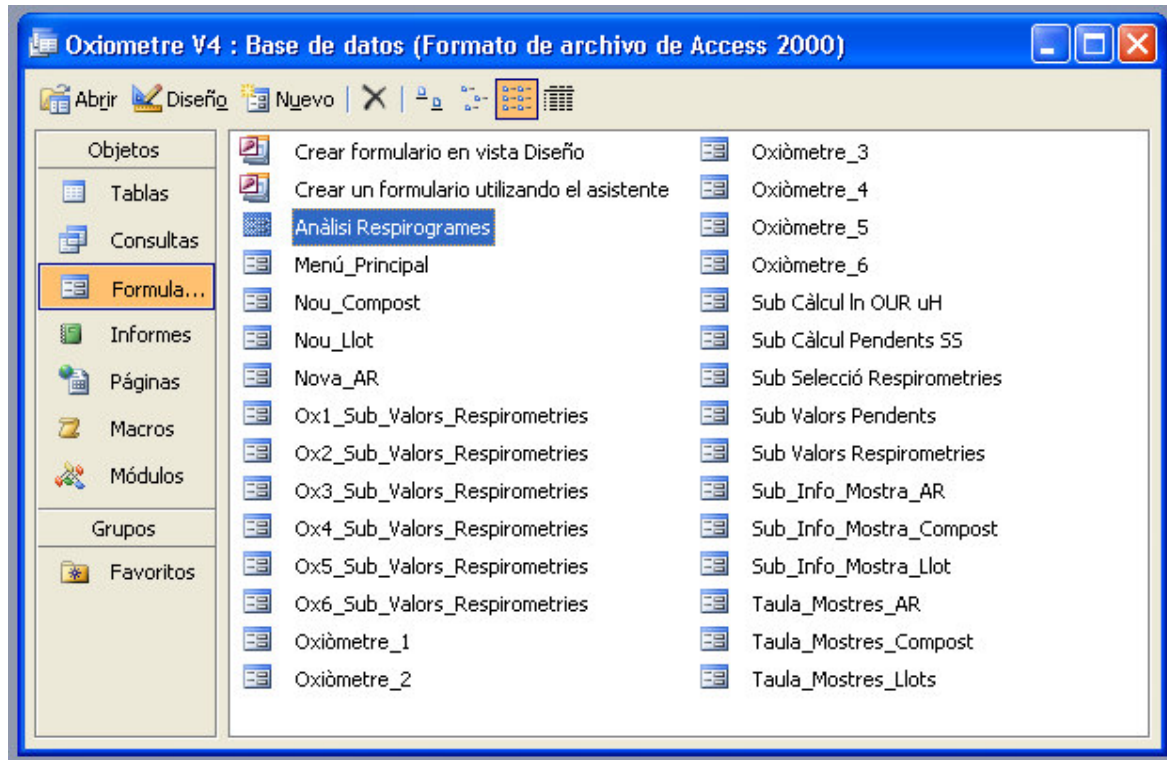


Figura 6.8.- Formularis de control creats amb Microsoft Access

### Formularis de control Principals:

Nom del Formulari	Descripció
Menú Principal	Formulari principal de l'aplicació, que ens permet accedir a la resta de formularis de control
Taula Mostres AR	Formulari que ens permet visualitzar i modificar els paràmetres de les diferents mostres d'aigua residual
Taula Mostres Compost	Formulari que ens permet visualitzar i modificar els paràmetres de les diferents mostres de compost
Taula Mostres Llots	Formulari que ens permet visualitzar i modificar els paràmetres de les diferents mostres de llots

Oxiòmetre 1, Oxiòmetre 2, Oxiòmetre 3, Oxiòmetre 4, Oxiòmetre 5, Oxiòmetre 6	Formularis de control corresponents a cadascun dels 6 respiròmetres. Cada formulari ens permet introduir els paràmetres d'una nova respirometria i realitzar un nou mostreig.
Anàlisi Respirogrames	Formulari on es visualitzen les respirometries registrades a la Base de Dades i ens permet realitzar els càlculs.
Nova AR	Formulari que ens permet crear una nova mostra d'aigua residual, amb els seus paràmetres característics.
Nou Compost	Formulari que ens permet crear una nova mostra de compost, amb els seus paràmetres característics.
Nou Llot	Formulari que ens permet crear una nova mostra d'aigua residual, amb els seus paràmetres característics.

#### Formularis de control Secundaris:

La resta de formularis de control no comentats en la taula anterior i representats en la Figura 6.8, són formularis insertats dins dels formularis de control principals, la funció dels quals es representen algun tipus d'informació obtinguda de la consulta de la Base de Dades, utilitzant algun paràmetre seleccionat des del formulari de control principal. En els apartats posteriors, on es realitzarà la descripció dels formularis, veurem la funció de cadascun d'ells.



### 6.2.1.- Menú principal

Al posar en marxa l'aplicació accedirem automàticament al formulari Menú principal, que ens permetrà obrir la resta de formularis de control principals:

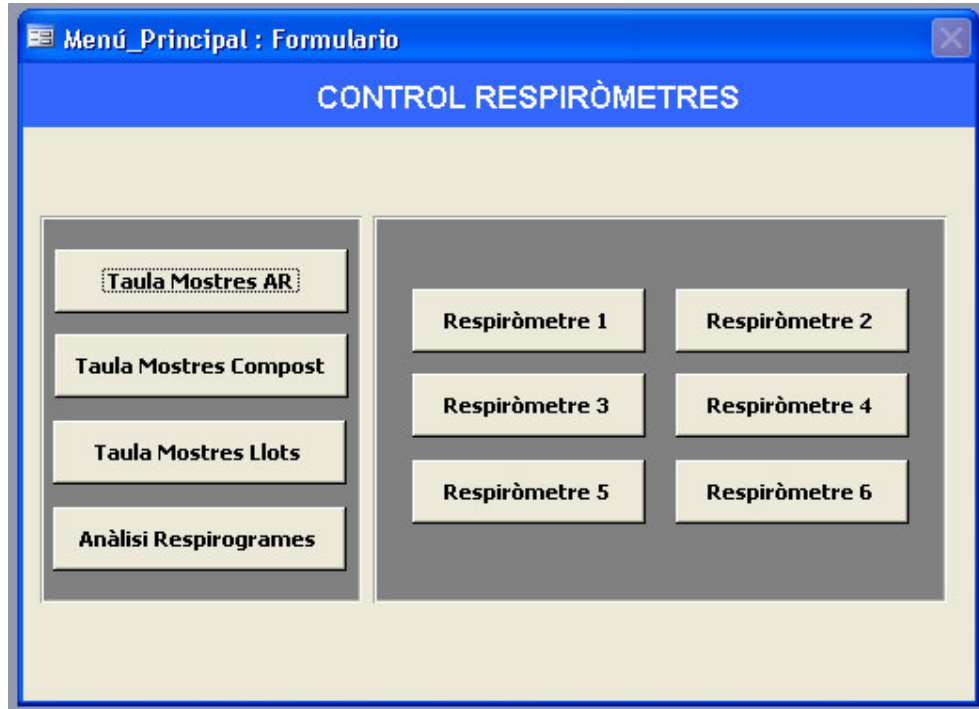


Figura 6.9.- Formulario Menú Principal

El formulari Menú Principal, consta de 10 tecles que ens permeten accedir als següents formularis:

Tecla	Formulari
Taula Mostres AR	Taula Mostres AR
Taula Mostres Compost	Nou Compost
Taula Mostres Llots	Nou Llot
Anàlisi Respirogrames	Anàlisi Respirogrames
Respiròmetre 1...6	Oxímetre 1...6

## 6.2.2.- Formularis de mostres

Accedim als formularis de mostres, utilitzant les tecles “Taula Mostres AR”, “Taula Mostres Compost” i “Taula Mostres Llots” del Menú Principal. Els tres formularis, representats en la Figura 6.10, tenen un aspecte i unes funcionalitats pràcticament iguals, només diferenciades per la tipologia de mostra que representen. Cadascun dels requadres de color gris ens representa una mostra, amb els seus paràmetres genèrics (comuns en els tres formularis) i els seus paràmetres específics, que varien en funció de la mostra representada. Podem moure’ns, visualitzar les diferents mostres registrades, utilitzant la barra de desplaçament vertical, situada al costat dret del formulari (Índex “1” de la Figura 6.10). Cadascun dels paràmetres representats en els formularis és modificable, fet que ens permet modificar el seu valor un cop la mostra ja ha estat registrada.

Els tres formularis obtenen les dades de la Taula de Mostres de la Base de Dades. Aquesta taula, agrupa els tres tipus de mostres, fet que ens obliga a realitzar una consulta utilitzant el camp *Tipus de Mostra*, per restringir els registres representats a cada formulari, en funció del tipus de mostra.

Els registres representats en els formularis estan ordenats en funció del dia i hora d’entrada de la nova mostra. D’aquesta forma, els primers registres representats seran les últimes mostres entrades i els últims registres, les mostres amb dia i hora d’entrada més antigues.

Utilitzant els índex, representats a la Figura 6.10, descriurem les principals funcionalitats dels formularis:

Índex	Descripció
1	<b>Barra de desplaçament vertical:</b> ens permet recórrer els diferents registres representats.
2	<b>Camps de la mostra:</b> Conjunt de camps representatius de la mostra visualitzada. Els camps situats a la part superior del requadre són els paràmetres genèrics, comuns en els tres formularis, i els inferiors són específics del tipus de mostra representada en el formulari.
3	<b>Tecla Borrar Mostra:</b> Mitjançant aquesta tecla eliminem de la Base de Dades el registre de la mostra seleccionada amb el punter (Índex 6).
4	<b>Tecla Nova Mostra:</b> Al fer clic sobre aquesta tecla, ens apareixerà un nou formulari (descriu més endavant) que ens permet registrar una nova mostra.
5	<b>Tecla Sortir:</b> Ens permet tancar el formulari i retornar al Menú Principal.
6	<b>Selector de Registre:</b> Ens representa el registre seleccionat. Si fem click sobre la tecla Borrar Mostra, s’eliminarà el registre seleccionat amb aquest punter.
7	<b>Comptador de Registres:</b> Ens mostra el nombre de mostres registrades a la Base de Dades.

### Taula AR Registrades

#### MOSTRES AR REGISTRADES

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: AR2 Dia entrada: 10/03/2007 Observacions: lqwr

Denominació: Aigua Residual 2 Hora entrada: 10:42:32

Laborant: Marc

**Paràmetres Mostra**

PH: 7 SST: 9 mg/l DQO: 11 mgO<sub>2</sub>/l

CE: 8 dS/m SSV: 10 mg/l DQO Dissolt: 12 mgO<sub>2</sub>/l

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: AR1 Dia entrada: 05/03/2007 Observacions: Sense Observacions

Denominació: Aigua Residual 1 Hora entrada: 11:20:20

Laborant: Marc Font

**Paràmetres Mostra**

PH: 1 SST: 3 mg/l DQO: 5 mgO<sub>2</sub>/l

CE: 2 dS/m SSV: 4 mg/l DQO Dissolt: 6 mgO<sub>2</sub>/l

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: AR3 Dia entrada: 03/03/2007 Observacions: Sense observacions

Denominació: Aigua Residual 3 Hora entrada: 10:57:26

Laborant: Marc

**Paràmetres Mostra**

PH: 100 SST: 300 mg/l DQO: 500 mgO<sub>2</sub>/l

CE: 200 dS/m SSV: 400 mg/l DQO Dissolt: 600 mgO<sub>2</sub>/l

Total Mostres Registrades: 3

Borrar Mostra Nova Mostra Sortir

### Taula Composts Registrats

#### MOSTRES COMPOST REGISTRADES

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: Compost 1 Dia entrada: 02/02/2007 Observacions: Mostra prova Compost 1

Denominació: Mostra Compost 1 Hora entrada: 15:04:55

Laborant: Marc Font

**Paràmetres Mostra**

PH: 1 ST: 3 g/kg COX: 5 gC/kg

CE: 2 dS/m SV: 4 g/kg DOC: 6 gC/kg

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: Compost 4 Dia entrada: 02/02/2007 Observacions: Mostra prova Compost 1

Denominació: Mostra Compost 4 Hora entrada: 11:29:33

Laborant: Marc Font

**Paràmetres Mostra**

PH: 10 ST: 30 g/kg COX: 50 gC/kg

CE: 20 dS/m SV: 40 g/kg DOC: 60 gC/kg

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: Compost 2 Dia entrada: 24/10/2006 Observacions: Mostra prova Compost 2

Denominació: Mostra Compost 2 Hora entrada: 8:57:43

Laborant: Marc Font

**Paràmetres Mostra**

PH: 7 ST: 9 g/kg COX: 11 gC/kg

CE: 8 dS/m SV: 10 g/kg DOC: 12 gC/kg

Total Mostres Registrades: 4

Borrar Mostra Nova Mostra Sortir

### Taula Llots Registrats

#### MOSTRES LLOTS REGISTRADES

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: Llot 1 Dia entrada: 23/03/2007 Observacions: Sense observacions

Denominació: Mostra Llot 1 Hora entrada: 12:20:40

Laborant: Marc

**Paràmetres Mostra**

PH: 11 SST: 33 mg/l TRH: 55 d-1

CE: 22 dS/m SSV: 44 mg/l

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: Llot 2 Dia entrada: 05/03/2007 Observacions: Sense Observacions

Denominació: Llot N2 Hora entrada: 11:33:30

Laborant: Marc Font

**Paràmetres Mostra**

PH: 12 SST: 15 mg/l TRH: 18 d-1

CE: 14 dS/m SSV: 16 mg/l

**Detalls Mostra**

Codi Mostra: Llot Dia entrada: 03/03/2007 Observacions: Sense Observacions

Denominació: Llot N1 Hora entrada: 19:28:04

Laborant: Marc Font

**Paràmetres Mostra**

PH: 11 SST: 13 mg/l TRH: 15 d-1

CE: 12 dS/m SSV: 14 mg/l

Total Mostres Registrades: 3

Borrar Mostra Nova Mostra Sortir

Figura 6.10.- Formularis de mostres d'Aigua Residual, Compost i Llots

Utilitzant la tecla Nova Mostra (índex 4 de la Figura 6.10), accedim a un nou formulari que ens permet registrar una nova mostra. En funció del tipus de formulari on cliquem la tecla, ens apareixerà un dels formularis representats a la Figura 6.11.

Figura 6.11.- Formularis pel registre de noves mostres d'Aigua Residual, Compost i Llots

Índex	Descripció
1	<b>Camps de la mostra:</b> Paràmetres de la nova Mostra. Els camps situats a la part superior del requadre són els paràmetres genèrics, comuns en els tres formularis, i els inferiors són específics del tipus de mostra representada en el formulari.
2	<b>Tecla Registrar:</b> Ens permet guardar els paràmetres de la nova mostra a la Base de Dades, i ens tanca el formulari
3	<b>Tecla Sortir:</b> Tanca el formulari sense guardar

Els camps Dia i Hora d'entrada s'actualitzen automàticament amb el dia i hora actuals en el moment d'obrir el formulari.

Cal tenir present que el paràmetre *Codi Mostra*, és un camp únic que identifica cada mostra i que, per tant, no podrà estar repetit dins la taula Mostres de la Base de Dades. En el moment de clicar sobre tecla Registrar, si el codi introduït està repetit a la Base de Dades, l'aplicació ens mostrarà el següent missatge d'error i no ens permetrà registrar la nova mostra.



**Figura 6.12.-** Missatge d'error al registrar una mostra amb un codi existent a la Base de Dades

Necessàriament el paràmetre Codi Mostra, ha de tenir un valor assignat. En el moment de clicar sobre la tecla Registrar, si no s'ha definit cap valor pel paràmetre Codi Mostra, l'aplicació ens mostrarà el següent missatge d'error i no ens permetrà registrar la nova mostra:



**Figura 6.13.-** Missatge d'error al registrar una mostra sense definir el camp Codi Mostra

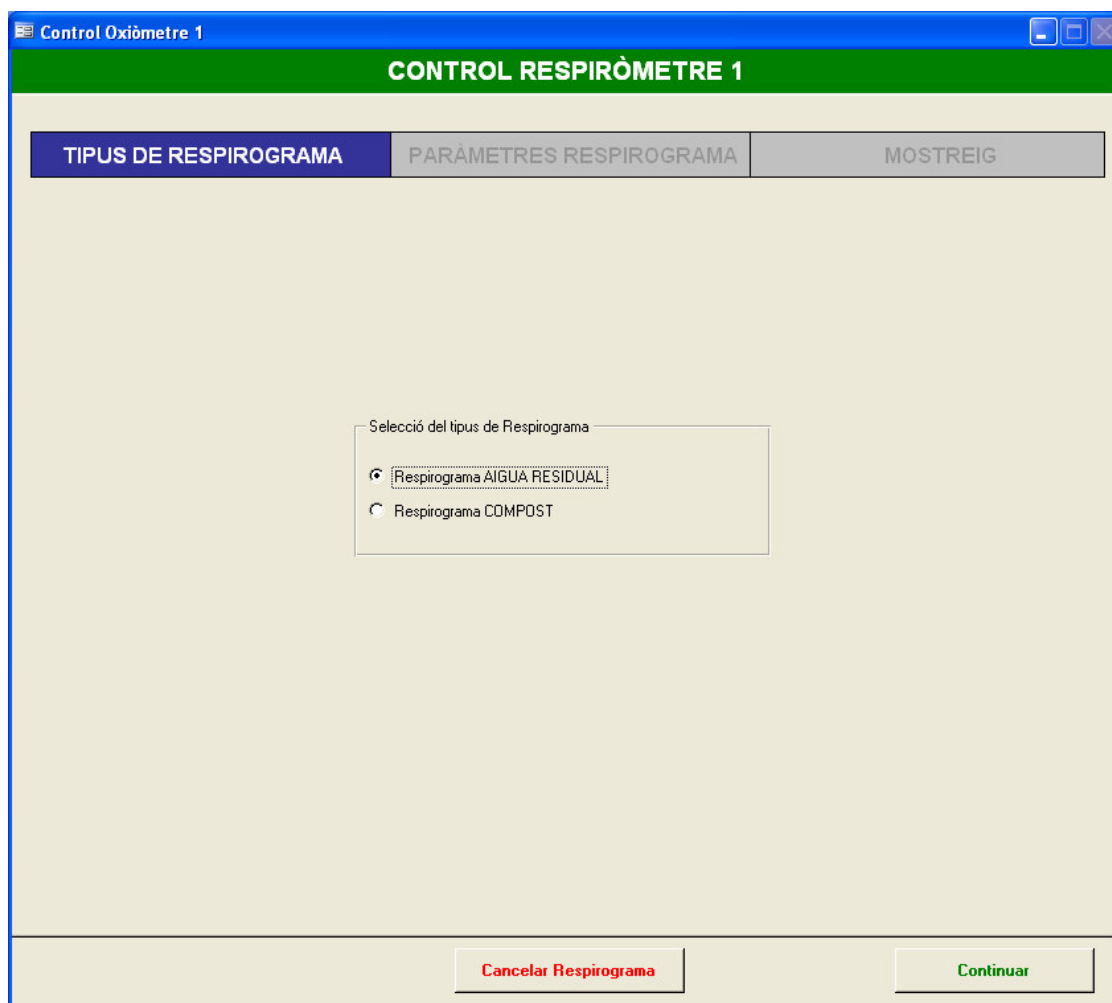
### **6.2.3.- Formulari de control i mostreig dels respiròmetres**

L'aplicació consta de 6 formularis de control, un per cadascun dels 6 respiròmetres. L'aspecte i funcionalitats dels 6 formularis són iguals, només diferenciables pel respiròmetre que controlen. D'aquesta forma, es descriurà el funcionament del formulari de control Oxiòmetre 1, tenint en compte que tot el que es descriu, es aplicable a la resta de formularis.

Accedim als formularis de control dels respiròmetres, utilitzant les tecles "Respiròmetre 1", "Respiròmetre 2", "Respiròmetre 3", "Respiròmetre 4", "Respiròmetre 5" i "Respiròmetre 6" del menú principal.

Els formularis de control dels respiròmetres ens permeten crear una nova respirometria, definint els seus paràmetres característics, i controlant el mostreig de la mateixa.

Al clicar sobre la tecla del Respiròmetre 1 del menú principal, ens apareixerà el formulari de la Figura 6.14:



**Figura 6.14.- Pantalla Selecció Respirograma del formulari Respiròmetre 1**



Índex	Descripció
1	<p><b>Codi de mostra d'Aigua Residual:</b> Aquest menú desplegable ens permet seleccionar la mostra d'aigua residual utilitzada en la respirometria. El llistat s'obté de la taula de mostres, realitzant un filtre sobre el camp <i>Tipus de Mostra</i> per restringint les mostres representades a les corresponents a aigua residual. Les mostres estan ordenades de forma descendent en funció del dia i hora d'entrada.</p>
2	<p><b>Nova mostra aigua residual:</b> Mitjançant aquesta tecla podem obrir un nou formulari, que ens permet crear una nova mostra d'aigua residual. Aquest formulari es el mateix que utilitzem per crear una nova mostra en el formulari de Taula Mostres AR, comentat en l'apartat 6.2.2 i visualitzat a la Figura 6.11. La utilitat d'aquesta tecla es permetre'ns l'entrada d'una nova mostra en el moment d'iniciar una respirometria, sense necessitat d'accedir al formulari de mostres.</p>
3	<p><b>Paràmetres mostra aigua residual:</b> Representen els paràmetres característics de la mostra d'aigua residual, seleccionada amb la llista desplegable (índex 1)</p>
4	<p><b>Codi de mostra Llot:</b> Aquest menú desplegable ens permet seleccionar la mostra de llot utilitzada en la respirometria. El llistat s'obté de la taula de mostres, realitzant un filtre sobre el camp <i>Tipus de Mostra</i> per restringint les mostres representades a les corresponents a llots. Les mostres estan ordenades de forma descendent en funció del dia i hora d'entrada. A diferència de l'aigua residual (índex 1), el codi de llot es pot deixar en blanc, ja que no necessàriament el respirograma s'ha de realitzar mesclant una mostra d'aigua residual i d'un llot.</p>
5	<p><b>Nova mostra llot:</b> Mitjançant aquesta tecla podem obrir un nou formulari, que ens permet crear una nova mostra de llot. Aquest formulari es el mateix que utilitzem per crear una nova mostra en el formulari de Taula Mostres Llots, comentat en l'apartat 6.2.2 i visualitzat a la Figura 6.11. La utilitat d'aquesta tecla es permetre'ns l'entrada d'una nova mostra en el moment d'iniciar una respirometria, sense necessitat d'accedir al formulari de mostres.</p>
6	<p><b>Paràmetres mostra llot:</b> Representen els paràmetres característics de la mostra del llot, seleccionada amb la llista desplegable (índex 4)</p>
7	<p><b>Paràmetres genèrics respirograma:</b> Conjunt de paràmetres que defineixen la persona que realitza el respirograma, el codi del respirograma i el dia i hora que s'ha realitzat. Els paràmetres dia i hora, s'actualitzen automàticament a l'hora actual, en el moment d'obrir el formulari. Per tal d'iniciar la respirometria, és imprescindible definir la persona laborant i el codi de respirograma, si no s'han introduït, l'aplicació no ens permetrà continuar. El codi de respirograma, és un codi únic, que identifica la respirometria, per tant, si introduïm un codi existent a la base de dades, l'aplicació ens mostrarà un missatge d'error que ens permetrà sobreesciure els valors o introduir un nou codi.</p>
8	<p><b>Constants d'interès:</b> Conjunt de paràmetres que fan referència a la mostra d'aigua residual utilitzada. Al seleccionar una mostra d'aigua residual, aquests camps s'actualitzen automàticament amb els valors assignats a la mostra. Si es realitza una nova analítica en el moment d'iniciar la respirometria, tenim la possibilitat de registrar els nous valors junt amb el respirograma realitzat.</p>



9	<p><b>Valors obtinguts del càlcul de F/M (Càrrega màssica):</b> Mitjançant aquests valors podem determinar el volum de d'aigua residual i llots mesclats, per tal de garantir una mesura precisa de la taxa de consum d'oxigen (OUR) durant la respirometria. Per tal de garantir una càrrega màssica (F/M) d'entre 1 i 1,5 vegades la fracció activa (<math>f_a</math>), es necessari que el volum de llots i d'aigua residual estigui compres entre els dos parells de valors representats. En l'exemple de la figura el volum d'aigua residual utilitzat en la respirometria hauria de ser entre 9,86 ml i 9,91 ml, mentre que el volum de llots hauria d'estar entre 0,09 ml i 0,14 ml. La formula utilitzada per determinar aquests valors s'ha comentat a l'apartat 4 de la memòria.</p>
10	<p><b>Iniciar càlcul F/M:</b> Mitjançant aquesta tecla realitzem els càlculs per obtenir els valors representats a l'índex 9. S'ha de pulsar la tecla un cop introduïdes les constants d'interès, ja que aquestes són utilitzades pel càlcul de F/M. Si alguna d'aquestes constants, té un valor incorrecta l'aplicació ens mostrarà un missatge d'error indicant el paràmetre erroni.</p>
11	<p><b>Volum d'aigua residual i llots utilitzats:</b> L'usuari determinarà el volum d'aigua residual i llots mesclats, per realitzar la respirometria. Aquests volums estaran compresos entre els límits determinats pels paràmetres representats a l'índex 9 de la figura 6.15. Un cop definits els dos volums, l'aplicació determinarà automàticament el valor F/M corresponent.</p>
12	<p><b>Tipus de respirograma:</b> Determinem el tipus d'anàlisi que es realitzarà sobre el respirograma, ja sigui Ss o UM. Aquest paràmetre s'ha introduït per posteriors ampliacions de l'aplicació, ja que actualment l'anàlisi dels respirogrames d'aigua residual només es pot realitzar utilitzant la prova Ss.</p>
13	<p><b>Cancel·lar respirometria:</b> Mitjançant aquesta tecla tanquem el formulari, sense guardar els paràmetres introduïts. L'aplicació ens mostrarà un missatge, per tal que l'usuari confirmi que realment vol finalitzar la respirometria sense emmagatzemar els valors.</p>
14	<p><b>Continuar:</b> Un cop introduïts els paràmetres, mitjançant aquesta tecla accedim a la pantalla de mostreig de la respirometria.</p>

➤ Paràmetres respirograma Compost:

Accedim a aquesta pantalla seleccionant com a tipus de respirograma Compost, i clicant sobre la tecla Continuar a la pantalla inicial de control cada respiròmetre.

Figura 6.16.- Pantalla paràmetres respirograma Compost del formulari Respiròmetre 1

Índex	Descripció
1	<b>Codi de mostra Compost:</b> Aquest menú desplegable ens permet seleccionar la mostra de compost utilitzada en la respirometria. El llistat s'obté de la taula de mostres, realitzant un filtre sobre el camp <i>Tipus de Mostra</i> per restringint les mostres representades a les corresponents a compost. Les mostres estan ordenades de forma descendent en funció del dia i hora d'entrada.

2	<b>Nova mostra de compost:</b> Mitjançant aquesta tecla podem obrir un nou formulari, que ens permet crear una nova mostra de compost. Aquest formulari es el mateix que utilitzem per crear una nova mostra en el formulari de Taula Mostres Compost, comentat en l'apartat 6.2.2 i visualitzat a la Figura 6.11. La utilitat d'aquesta tecla es permetre'ns l'entrada d'una nova mostra en el moment d'iniciar una respirometria, sense necessitat d'accedir al formulari de mostres.
3	<b>Paràmetres mostra compost:</b> Representen els paràmetres característics de la mostra de compost, seleccionada amb la llista desplegable (índex 1)
4	<b>Codi de mostra Llot:</b> Aquest menú desplegable ens permet seleccionar la mostra de llot utilitzada en la respirometria. El llistat s'obté de la taula de mostres, realitzant un filtre sobre el camp <i>Tipus de Mostra</i> per restringint les mostres representades a les corresponents a llots. Les mostres estan ordenades de forma descendent en funció del dia i hora d'entrada. A diferència de la mostra de compost (índex 1), el codi de llot es pot deixar en blanc, ja que no necessàriament el respirograma s'ha de realitzar mesclant una mostra de compost i d'un llot.
5	<b>Nova mostra llot:</b> Mitjançant aquesta tecla podem obrir un nou formulari, que ens permet crear una nova mostra de llot. Aquest formulari es el mateix que utilitzem per crear una nova mostra en el formulari de Taula Mostres Llots, comentat en l'apartat 6.2.2 i visualitzat a la Figura 6.11. La utilitat d'aquesta tecla es permetre'ns l'entrada d'una nova mostra en el moment d'iniciar una respirometria, sense necessitat d'accedir al formulari de mostres.
6	<b>Paràmetres mostra llot:</b> Representen els paràmetres característics de la mostra de llot, seleccionada amb la llista desplegable (índex 4)
7	<b>Paràmetres genèrics respirograma:</b> Conjunt de paràmetres que defineixen la persona que realitza el respirograma, el codi del respirograma i el dia i hora que s'ha realitzat. Els paràmetres dia i hora, s'actualitzen automàticament a l'hora actual, en el moment d'obrir el formulari. Per tal d'iniciar la respirometria, és imprescindible definir la persona laborant i el codi de respirograma, si no s'han introduït, l'aplicació no ens permetrà continuar. El codi de respirograma, és un codi únic, que identifica la respirometria, per tant, si introduïm un codi existent a la base de dades, l'aplicació ens mostrarà un missatge d'error que ens permetrà sobre escriure els valors o introduir un nou codi.
8	<b>Constants d'interès:</b> Ens permeten definir el volum de compost i de llots mesclats, per tal de realitzar el respirograma.
9	<b>Cancel·lar respirometria:</b> Mitjançant aquesta tecla tanquem el formulari, sense guardar els paràmetres introduïts. L'aplicació ens mostrarà un missatge, per tal que l'usuari confirmi que realment vol finalitzar la respirometria sense emmagatzemar els valors.
10	<b>Continuar:</b> Un cop introduïts els paràmetres, mitjançant aquesta tecla accedim a la pantalla de mostreig de la respirometria.

Un cop definit el tipus de respirograma i determinats els seus paràmetres característics, el següent pas és realitzar el mostreig que ens permetrà registrar l'evolució del consum d'oxigen. La pantalla de mostreig es comuna pels dos tipus de respirogrames, aigua residual i compost, i s'hi accedeix a clicant sobre la tecla Continuar des de la pantalla de paràmetres de la respirometria.

The screenshot shows the 'CONTROL RESPIRÒMETRE 1' software interface. It is divided into three main sections: 'TIPIUS DE RESPIROGRAMA', 'PARÀMETRES RESPIROGRAMA', and 'MOSTREIG'. The 'MOSTREIG' section is active, showing a 'MOSTREJANT' status. It includes a schematic of the respirometer with valves labeled 'Vàlvula Descompressió', 'Vàlvula Entrada Oxigen', and 'Sonda Oxigen'. A data table shows oxygen consumption (OD) and temperature over time. A graph plots OD (mg/l) against time (h). Control parameters like 'Descompressió: 5 seg' and 'Niv. Saturació O2: 9 mg' are visible. A 'Cancelar Respirograma' button is at the bottom.

Figura 6.17.- Pantalla de mostreig del formulari Respirometre 1

Índex	Descripció
1	<b>Paràmetres del respirograma:</b> Ens mostra els paràmetres genèrics del respirograma, introduïts des de la pantalla anterior.
2	<b>Sinòptic del respiròmetre:</b> Representa gràficament l'estat de les vàlvules del respiròmetre, la d'oxigenació i la descompressió. El color vermell de les vàlvules ens simbolitza que la vàlvula està tancada i el color verd que està oberta.

3	<b>Lectura de les sondes:</b> Ens mostra la lectura instantània de la sonda d'oxigen i de temperatura del respiròmetre.
4	<b>Mostres registrades:</b> Taula que ens representa les mostres registrades a la base de dades del respirograma realitzat. Es mostra el número de mostra, amb el temps, en hores des de l'inici del mostreig, i la quantitat d'oxigen.
5	<b>Control del mostreig:</b> Mitjançant aquests dos paràmetres definim el mostreig realitzat. El Temps mostreig ens defineix el temps en que es llegeix una nova dada de la sonda i s'enregistra a la base de dades. El Nombre de mostres ens defineix la quantitat de mostres utilitzades per fer el promig que es registrarà a la base de dades. Si per exemple, definim un temps de mostreig 1 segon i 10 mostres, el sistema llegirà una nova mostra cada segon, i al tenir-ne 10, registrarà a la base de dades el valor corresponent al promig de les mateixes.
6	<b>Paràmetres temperatura:</b> Un cop iniciat el mostreig, el sistema analitzarà la lectura de la sonda de temperatura, per determinar i registrar a la base de dades la temperatura màxima, mínima i promig, assolida per la respirometria.
7	<b>Funcionament del respiròmetre:</b> Mitjançant aquests paràmetres determinem el tipus de funcionament del respiròmetre: Manual o Automàtic. El funcionament manual ens permet accionar manualment les vàlvules d'oxigenació o descompressió utilitzant els pulsadors representats amb l'índex 8. El funcionament automàtic controla automàticament les vàlvules, segons els paràmetres ajustats en el control automàtic (índex 9). El mode de funcionament pot canviar-se tot hi haver iniciat el mostreig.
8	<b>Control manual de les vàlvules:</b> Mitjançant aquests 4 pulsadors controlem les vàlvules d'oxigenació i descompressió del respiròmetre. Utilitzant les tecles ON, activem les vàlvules i amb les tecles OFF les parem.
9	<b>Control automàtic:</b> Aquests paràmetres ens permeten controlar el funcionament automàtic del respiròmetre, descrit més endavant.
10	<b>Estat del mostreig:</b> Text informatiu que ens representa l'estat del mostreig, pot tenir els valors: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parat: Quan està aturat el mostreig de les dades</li> <li>- Mostrejant: Un cop iniciat el mostreig, amb les vàlvules d'oxigenació i descompressió tancades.</li> <li>- Saturant: En el moment d'iniciar el mostreig, en mode automàtic, el sistema oxigena fins arribar a una quantitat determinada d'oxigen, per iniciar posteriorment el mostreig utilitzant els paràmetres ajustats. Aquesta inicialització s'anomena saturació.</li> <li>- Oxigenant: Un cop iniciat el mostreig, amb la vàlvula d'oxigenació activada.</li> <li>- Descomprimint: Un cop iniciat el mostreig, amb la vàlvula de descompressió activada i la d'oxigenació desactivada.</li> </ul>
11	<b>Iniciar i parar el mostreig:</b> Pulsadors per iniciar i parar l'enregistrament de les dades a la base de dades. Amb la tecla Parar mostreig, aturem l'enregistrament i amb la d'Iniciar mostreig l'iniciem. El títol de la tecla Iniciar mostreig canvia a Continuar mostreig, un cop iniciat l'enregistrament.

12	<b>Gràfic de mostres:</b> Representació gràfica de les mostres registrades. L'origen de la informació es la mateixa que la utilitzada en la taula de mostres (índex 4).
13	<b>Actualització de la pantalla:</b> Al seleccionar Automàtica cada mostra, actualitzem la taula de mostres (índex 4) i el gràfic de mostres (índex 12) automàticament quan es registra una nova mostra. Utilitzant la tecla Actualitzar, actualitzem manualment la pantalla. Quan el nombre de mostres es elevat, pot ser convenient tenir desseleccionada l'opció Automàtica cada mostra, per tal d'alliberar recursos del PC.
14	<b>Valors representats al gràfic i la taula de mostres:</b> Mitjançant aquests paràmetres determinem les dades representades a la taula (índex 4) i el gràfic de mostres (índex 12). Seleccionant Valors actuals, representem les últimes dades registrades a la base de dades. Seleccionant Valors històrics, representem les dades fins l'instant determinat pel paràmetre Instant final. Aquest paràmetre representa l'instant en hores des de l'inici del mostreig. Seleccionant Interval de Temps, determinem el període de temps representat en el gràfic i la taula. Si no està seleccionat, representem les dades registrades des de l'inici del mostreig. Per exemple, seleccionant i determinant l'Interval de temps a 1,00 h i Valors actuals, representarem les dades corresponents a la última hora. Si per exemple, definim l'Interval de temps a 0,50 h i Valors històrics, amb Instant Final 1,00 h, representarem les dades corresponents a la segona mitja hora després d'iniciar el mostreig.
15	<b>Cancel·lar respirometria:</b> Mitjançant aquesta tecla tanquem el formulari, amb el risc, que si estem a mig mostreig deixarem de registrar les dades. Tot i això, les dades registrades fins el moment i els paràmetres de la respirometria, no seran eliminats de la base de dades. L'aplicació ens mostrarà un missatge, per tal que l'usuari confirmi que realment vol finalitzar la respirometria.

Els passos a seguir per tal d'iniciar un nou mostreig són:

1. Definir els paràmetres de mostreig (índex 5), definint el nombre de mostres utilitzades per realitzar el promig de les lectures d'oxigen, i el temps de lectura d'aquestes mostres.
2. Definir l'estat de funcionament del respiròmetre (índex 7): Manual o Automàtic.
3. En cas de treballar en mode automàtic, definirem els paràmetres de control (índex 9)
4. Iniciar l'enregistrament de les dades amb la tecla Iniciar mostreig (índex 11). Si en algun moment volem aturar aquest mostreig, utilitzarem la tecla Parar mostreig.
5. En cas de treballar en mode automàtic, el sistema controlarà automàticament les vàlvules i aturarà automàticament el mostreig. Si treballem en manual, serà necessari que l'usuari actuï sobre l'obertura/tancament de les vàlvules d'oxigenació i descompressió (índex 8).

El mode automàtic, l'aplicació ens permet treballar en tres modes diferents on es determinen unes condicions diferents per l'obertura i tancament de les vàlvules:

- Control per Nivells
- Control per Temps
- Control per Temps i Nivells

Els tres modes de funcionament comparteixen dos paràmetres comuns:

- **Temps de descompressió:** Es el temps que es mante oberta la vàlvula de descompressió un cop tancada la vàlvula d'oxigenació. Recordem que en el moment d'oxigenar l'aplicació obrirà tant la vàlvula d'oxigenació com de descompressió.
- **Nivell de saturació O<sub>2</sub>:** En el moment d'iniciar una nova respirometria, si treballem en mode automàtic, el sistema iniciarà el procés de Saturació, oxigenant la mostra fins arribar a un nivell d'oxigen igual a aquest paràmetre. Un cop assolit aquest llindar, el sistema haurà acabat el procés de Saturació i no es tornarà a repetir encara que es s'aturi i es torni a activar el mostreig (índex 11).

Aquests dos paràmetres els podem veure en les Figures que es mostraran a continuació, en la descripció dels tres modes de treball.

#### ➤ **Control per Nivells:**

**Figura 6.18.-** Paràmetres del control per Nivells del Respiròmetre

Determinarem el mode de treball per nivells, utilitzant el menú desplegable Control Actual, seleccionant el valor Nivells. Els paràmetres corresponents a aquest control els trobem seleccionant la pantalla Nivells del control inferior.

El mode de treball per nivells controla les vàlvules d'oxigenació i descompressió comparant la lectura instantània d'oxigen amb dos llindars, un de mínima i un de màxima. Un cop finalitzat el procés de saturació, el sistema tancarà la vàlvula d'oxigenació i passat el temps de descompressió, tancarà la vàlvula de descompressió. Les dues vàlvules romandran tancades fins que la lectura d'oxigen sigui igual o inferior al paràmetre Nivell mínim O<sub>2</sub>. En aquest moment el sistema activarà les vàlvules d'oxigenació i descompressió fins que la lectura d'oxigen sigui igual o superior al paràmetre Nivell màxim O<sub>2</sub>, repetint novament el procés.

Si passat el temps definit pel paràmetre Temps Fi prova, la lectura d'oxigen no arriba al nivell mínim oxigen, considerarem la prova finalitzada i l'aplicació parará automàticament el mostreig.

En la figura seguen es representa gràficament els diferents estats corresponents al mode de control per nivells.

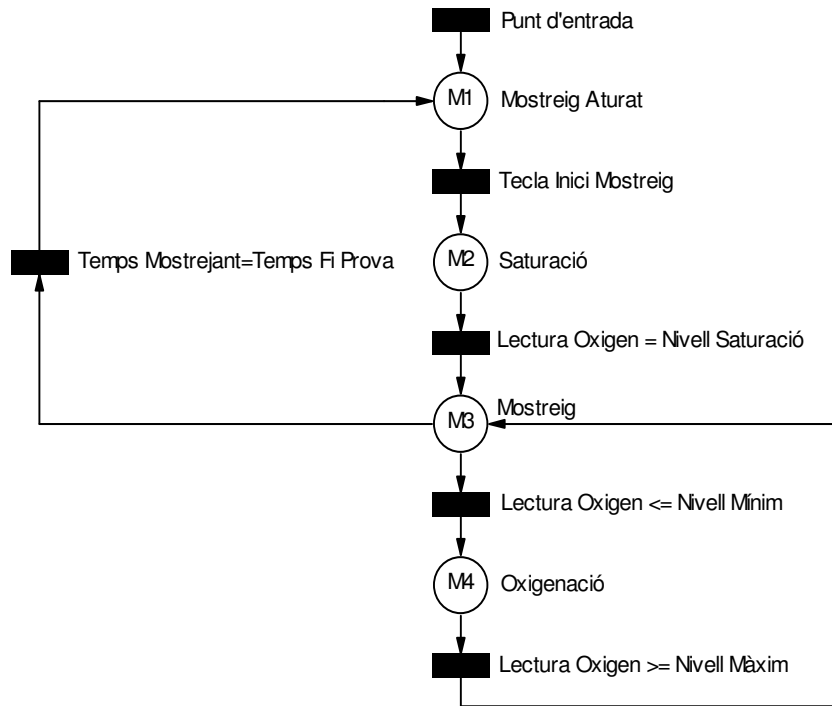


Figura 6.19.- Diagrama d'estats del control per Nivells del Respiròmetre

En la Figura següent es representa un exemple del gràfic de les mostres registrades en una respirometria realitzada utilitzant el control per nivells.

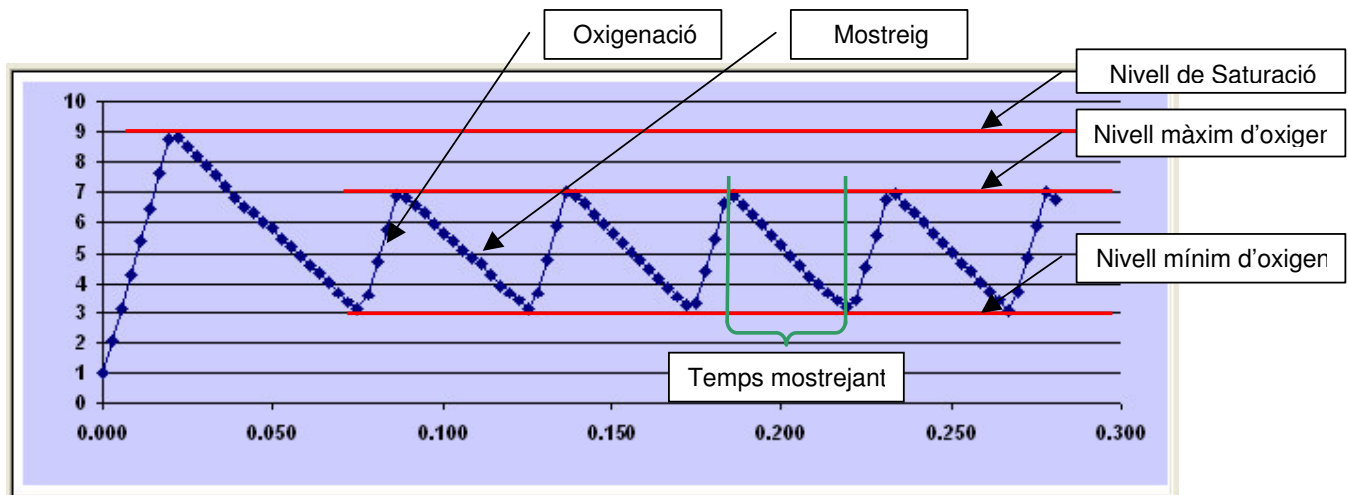
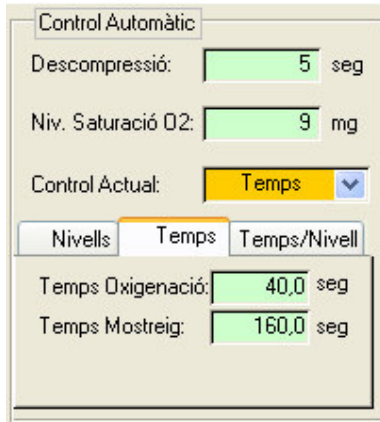


Figura 6.20.- Gràfic del mostreig d'una respirometria utilitzant el control per nivells



➤ **Control per Temps:**

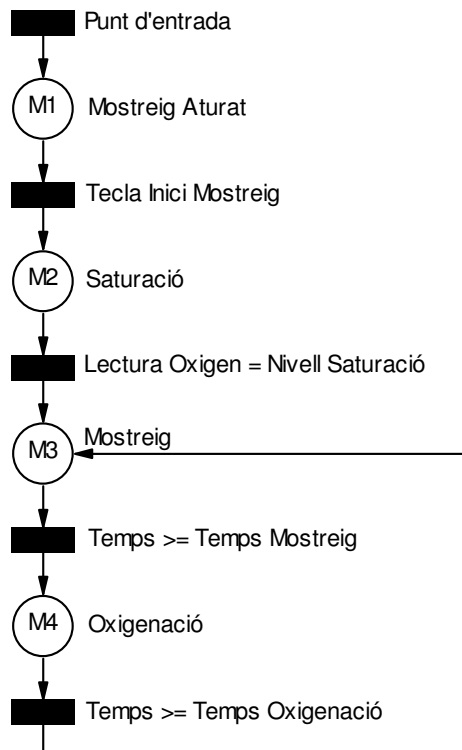


**Figura 6.21.-** Paràmetres del control per Nivells del Respiròmetre

Determinarem el mode de treball per Temps, utilitzant el menú desplegable Control Actual, seleccionant el valor Temps. Els paràmetres corresponents a aquest control els trobem seleccionant la pantalla Temps del control inferior.

El mode de treball per temps controla les vàlvules d'oxigenació i descompressió a partir de dos intervals de temps, el d'Oxigenació i el de Mostreig. Un cop finalitzat el procés de saturació, el sistema tancarà la vàlvula d'oxigenació i passat el temps de descompressió, tancarà la vàlvula de descompressió. Les dues vàlvules romandran tancades fins passat el temps d'oxigenació. En aquest moment el sistema activarà les vàlvules d'oxigenació i descompressió durant el temps de mostreig. Passat aquest temps es repetirà novament el procés.

En la figura següent es representa gràficament els diferents estats corresponents al mode de control per temps.



**Figura 6.22.-** Diagrama d'estats del control per Temps del Respiròmetre

En la Figura següent es representa un exemple del gràfic de les mostres registrades en una respirometria realitzada utilitzant el control per temps.

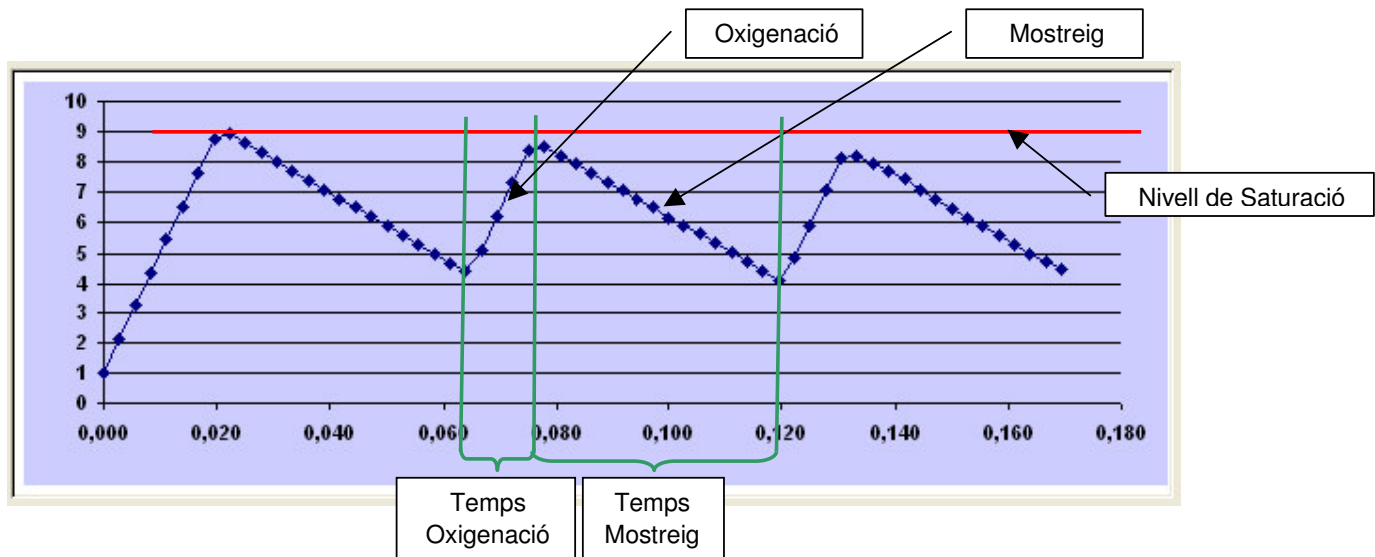


Figura 6.23.- Gràfic del mostreig d'una respirometria utilitzant el control per nivells

### ➤ Control per Temps i Nivells:

Control Automàtic	
Descompressió:	5 seg
Niv. Saturació O <sub>2</sub> :	9 mg
Control Actual:	Temps/Nivell
<input type="radio"/> Nivells <input type="radio"/> Temps <input checked="" type="radio"/> Temps/Nivell	
Temps Mostreig:	200,0 seg
Nivell màxim O <sub>2</sub> :	7,0 mg
Nivell mínim O <sub>2</sub> :	3,0 mg

Figura 6.24.- Paràmetres del control per Temps i Nivells del Respiròmetre

Determinarem el mode de treball per Temps i Nivells, utilitzant el menú desplegable Control Actual, seleccionant el valor Temps/Nivell. Els paràmetres corresponents a aquest control els trobem seleccionant la pantalla Temps/Nivell del control inferior.

El mode de treball per temps i nivells es una combinació dels dos controls comentats anteriorment. Controla les vàlvules d'oxigenació i descompressió comparant la lectura instantània d'oxigen amb dos llindars, un de mínima i un de màxima i alhora analitza el temps de mostreig. Un cop finalitzat el procés de saturació, el sistema tancarà la vàlvula d'oxigenació i passat el temps de descompressió, tancarà la vàlvula de descompressió. Les dues vàlvules romandran tancades fins que la lectura d'oxigen sigui igual o inferior al paràmetre Nivell mínim O<sub>2</sub> o bé, que el temps de mostreig transcorregut sigui igual o superior al

paràmetre Temps Mostreig. En aquest moment el sistema activarà les vàlvules d'oxigenació i descompressió fins que la lectura d'oxigen sigui igual o superior al paràmetre Nivell màxim O<sub>2</sub>, repetint novament el procés.

En la figura següent es representa gràficament els diferents estats corresponents al mode de control per temps i nivells.

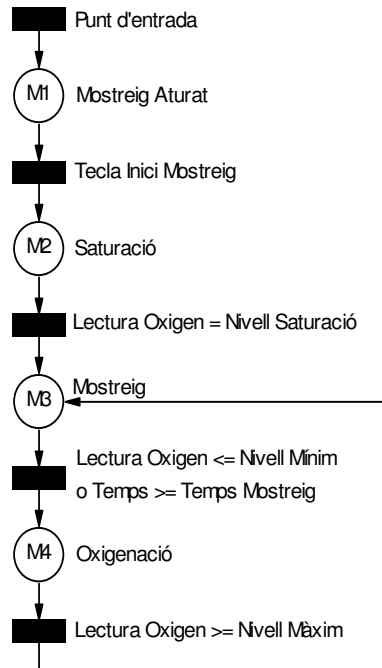


Figura 6.25.- Diagrama d'estats del control per Temps i Nivells del Respiròmetre

En la Figura següent es representa un exemple del gràfic de les mostres registrades en una respirometria realitzada utilitzant el control per temps i nivells.

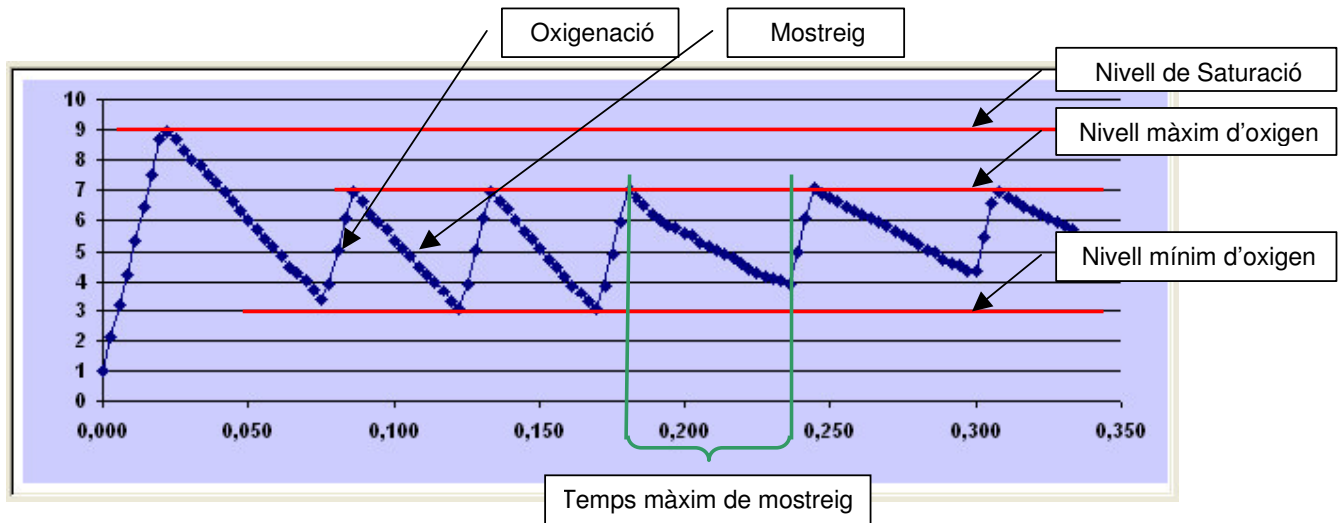


Figura 6.26.- Gràfic del mostreig d'una respirometria utilitzant el control per temps i nivells

En la Figura anterior podem comprovar que després del pendent següent a la saturació, tenim dos pendents on actua el control per nivell, oxigenant en el moment que la lectura d'oxigen arriba al nivell mínim. En els dos pendents posteriors, actua el control per temps, ja que el temps de mostreig es superior al temps màxim i el sistema força una oxigenació abans d'arribar al nivell mínim. En tots els pendents s'atura l'oxigenació quan la lectura d'oxigen es igual al nivell màxim.

## 6.2.4.- Formulari d'anàlisi de les dades

Accedim al formulari que ens permet realitzar l'anàlisi dels respirogrames emmagatzemats a la base de dades amb la tecla "Anàlisi respirogrames" del Menú Principal. Aquest formulari consta de tres pantalles:

- **Selecció Respirograma:** Ens mostra els diferents respirogrames emmagatzemats a la base de dades, ens permet visualitzar els seus paràmetres característics i ens permet importar, exportar i eliminar respirogrames de la base de dades.
- **Càlcul pendents:** Un cop seleccionat el respirograma des de la pantalla Selecció Respirograma accedim a una nova pantalla que ens permet realitzar el càlcul de pendents. Aquesta pantalla es la mateixa tant pels respirogrames d'aigua residual com els de compost.
- **Càlculs:** Un cop realitzat l'anàlisi dels pendents realitzarem el càlcul dels paràmetres Ss o  $\mu\text{H}$ , en funció del tipus de respirograma (Aigua residual o compost) seleccionat des de la pantalla Selecció Respirograma.

### ➤ Pantalla Selecció Respirograma:

Figura 6.27.- Pantalla Selecció respirograma del formulari Anàlisi Respirogrames

A continuació es descriu la funció de cadascun dels índex representats a la Figura 6.27:

Índex	Descripció
1	<b>Llistat de respirogrames:</b> Ens mostra el llistat dels diferents respirogrames emmagatzemats a la base de dades. De cada respirograma es representa el seu codi identificatiu, el dia que es va realitzar, el tipus de mostra utilitzada (AR:Aigua residual, o Compost), i la persona que el va realitzar. Els respirogrames estan ordenats de forma descendent en funció del dia que es van registrar a la base de dades.
2	<b>Tecles per importar i exportar els respirogrames:</b> Mitjançant aquestes tecles podem importar i exportar les dades registrades dels respirogrames en format *.xls (Arxius Microsoft Excel). La informació exportada o importada correspondrà a les dades obtingudes del mostreig, de l'anàlisi de pendents i del càlcul dels paràmetres Ss o $\mu\text{H}$ . Les plantilles utilitzades pel procés d'importació s'explicaran a continuació.
3	<b>Eliminar respirograma:</b> Mitjançant aquesta tecla, eliminem el respirograma seleccionat en el llistat (índex 1).
4	<b>Paràmetres genèrics del respirograma:</b> Paràmetres genèrics corresponents al respirograma seleccionat a la llista (índex 1). Aquests paràmetres es van introduir en el moment d'iniciar el respirograma.
5	<b>Valors de temperatura:</b> Temperatura mínima, màxima i promig registrada durant la respirometria.
6	<b>Paràmetres específics del respirograma:</b> Paràmetres específics corresponents al respirograma seleccionat a la llista (índex 1). Els paràmetres representats canviaran en funció del tipus de mostra utilitzada en el respirograma.
7	<b>Filtre de selecció de respirogrames:</b> Mitjançant els paràmetres ajustats, filtrem els respirogrames representats en el llistat (índex 1), en funció de la persona que va realitzar el respirograma, el respiròmetre utilitzat (1-6), el tipus de mostra utilitzada (Aigua Residual o Compost), el codi de la mostra utilitzada i el dia que es va realitzar el respirograma. Al seleccionar algun valor en els menús desplegable o en els camps dels dies, s'actualitzarà el llistat (índex 1) amb els respirogrames que compleixin la condició especificada.
8	<b>Paràmetres mostra Aigua residual/Compost:</b> En funció de la mostra utilitzada en la respirometria seleccionada en el llistat (índex 1), es representaran els paràmetres característics de la mostra d'aigua residual o compost.
9	<b>Paràmetres mostra de llot:</b> Paràmetres de la mostra de llot utilitzada en la respirometria seleccionada en el llistat (índex 1).
10	<b>Tecla sortir:</b> Tecla per tancar el formulari i accedir al menú principal.
11	<b>Tecla següent:</b> Un cop seleccionat el respirograma a analitzar (índex 1), mitjançant aquesta tecla accedim a la pantalla d'anàlisi de pendents.

### Importació i exportació de les dades de les respirometries:

L'aplicació permet exportar i importar les dades i els resultats obtinguts dels respirogrames en format \*.xls (Arxiu Microsoft Excel). En les Figures 6.28 i 6.29 es pot veure un exemple d'un respirograma exportat:

Codi Respirograma:		1001		Resultats SS:		Llistat Mostres	
Laborant:	Marc Font	Línia Base:	59.126	Mostra	Temps(h)	OD	
Dia Respirograma:	09/02/2007	yH:		1	0	1	
Hora Respirograma:	10.03.54	Resultat SS:	326.0806401	2	0.00278	1	
Respirometre:	1			3	0.00556	1	
Observacions:	Prova respirograma			4	0.00833	2.05	
				5	0.01111	2.98	
Temperatura Mínima:	1.5			6	0.01389	4.07	
Temperatura Màxima:	18.1			7	0.01667	5.11	
Temperatura Mitjana:	10.2			8	0.01944	6.19	
				9	0.02222	7.32	
Tipus respirograma:	AR			10	0.025	8.43	
Tipus de càlcul:	SS ó D'YH			11	0.02778	8.98	
DOO:	1			12	0.03056	8.7	
SSV:	1			13	0.03333	8.4	
Temps retenció sòlids:	1			14	0.03611	8.08	
				15	0.04028	7.87	
Volum Total:	1			16	0.04167	7.7	
Volum AR:	1			17	0.04444	7.38	
Volum Llots:	10			18	0.04722	7.11	
F/M:	0.1			19	0.05	6.77	
				20	0.05278	6.53	
				21	0.05556	6.21	
Mostra AR:		Mostra Llot:		22	0.05833	5.93	
				23	0.06111	5.69	
Codi Mostra:	AR1	Codi Mostra:	Llot 1	24	0.06389	5.37	
Denominació:	Aigua Residual 1	Denominació:	Mostra Llot 1	25	0.06667	5.03	
Laborant:	Marc Font	Laborant:	Marc	26	0.06944	4.68	
Dia entrada:	05/03/2007	Dia entrada:	23/03/2007	27	0.07222	4.39	
Hora entrada:	11:20:20	Hora entrada:	12:20:40	28	0.075	4.11	
Observacions:	Sense Observacions	Observacions:	Sense observacions	29	0.07778	3.77	
PH:	1	PH:	11	30	0.08056	3.44	
CE:	2	CE:	22	31	0.08333	3.12	
SST:	3	SST:	33	32	0.08611	3.66	
SSV:	4	SSV:	44	33	0.08889	4.74	
DOO	5	TRH	55	34	0.09167	5.84	
DOO dissolt:	6			35	0.09444	6.97	
				36	0.09722	6.83	

Figura 6.28.- Arxiu Microsoft Excel d'un respirograma exportat des de la pantalla Anàlisi Respirogrames

En la figura anterior podem observar que les dades representades a la pantalla de selecció del respirograma, des del formulari Anàlisi respirogrames (Figura 6.27) s'exporten a diferents cel·les d'Excel, cadascun dels paràmetres identificat amb el seu nom. En aquest exemple, el respirograma exportat corresponia a un respirograma d'aigua residual, en cas de tractar-se d'un Compost, els paràmetres canviarien per tal de representar les dades representatives d'aquest tipus de respirograma. En l'exemple, podem observar que també s'exporten els resultats de l'anàlisi de la respirometria, en aquest cas el paràmetre Ss pel fet de tractar-se d'aigua residual.

Apart dels paràmetres representatius del respirograma i els resultats de l'anàlisi, també s'exporten les diferents mostres i els valors obtinguts de l'anàlisi dels pendents. Aquests paràmetres estan dins el mateix full d'Excel, i es representen a la Figura 6.27. En aquesta figura podem observar que per cada mostra, apart d'identificar el nombre de mostra, el moment en que es va registrar i la lectura d'oxigen (OD), apareixen els paràmetres Pendent, Utilitzada i Recta de Regressió. Aquests tres paràmetres s'obtenen de l'anàlisi de pendents, el Pendent ens identifica el conjunt de mostres utilitzades pel càlcul de regressió amb el qual obtenim el valor d'OUR, per exemple, totes les mostres amb el paràmetre Pendent igual a 1 són les utilitzades per tal de calcular la recta de regressió que ens determina el primer valor OUR. El paràmetre Utilitzada, ens serveix



per tal de prescindir d'alguna mostra en el càlcul de regressió, en cas d'assignar el valor FALSO. El paràmetre Recta de Regressió representa per cada instant de temps, el valor obtingut d'aplicar la recta de regressió calculada. Aquests valors, s'utilitzen per l'aplicació per representar sobre el gràfic de mostres, les diferents rectes de regressió obtingudes.

Llistat Mostres							Llistat Pendants							
Mostra	Temps(h)	OD	Pendent	Utilitzada	Recta Regressió	Pendent	Temps(h)	t(h)	OUR	Trapezi	Utilitzada	Pendent	Offset	R2
1	0	1	0	VERDADERO		1	0.057	0	105.7714	6.26145	VERDADERO	-105.7714	12.0445	0.998
2	0.00278	1	0	VERDADERO		2	0.114	0.057	113.9287	4.99882	VERDADERO	-113.9287	17.9183	0.9992
3	0.00556	1	0	VERDADERO		3	0.16	0.103	103.4112	5.18064	VERDADERO	-103.4112	21.5728	0.9985
4	0.00833	2.05	0	VERDADERO		4	0.21	0.153	103.8145	5.15674	VERDADERO	-103.8145	26.8329	0.9998
5	0.01111	2.98	0	VERDADERO		5	0.258	0.201	111.0496	5.27337	VERDADERO	-111.0496	33.657	0.9997
6	0.01389	4.07	0	VERDADERO		6	0.307	0.25	104.19	5.02189	VERDADERO	-104.19	36.9234	0.9988
7	0.01667	5.11	0	VERDADERO		7	0.353	0.296	114.153	5.24129	VERDADERO	-114.153	45.4829	0.9988
8	0.01944	6.19	0	VERDADERO		8	0.4	0.343	108.8805	5.21232	VERDADERO	-108.8805	48.7376	0.9992
9	0.02222	7.32	0	VERDADERO		9	0.449	0.392	103.8674	5.2173	VERDADERO	-103.8674	51.6118	0.9993
10	0.025	8.43	0	VERDADERO		10	0.497	0.44	113.52	5.00652	VERDADERO	-113.52	61.3716	0.9995
11	0.02778	8.98	0	VERDADERO		11	0.542	0.485	108.9922	5.23214	VERDADERO	-108.9922	64.1952	0.9993
12	0.03056	8.7	1	VERDADERO	8.8121	12	0.589	0.532	113.6519	5.24403	VERDADERO	-113.6519	71.9668	0.9992
13	0.03333	8.4	1	VERDADERO	8.5191	13	0.636	0.579	109.4982	2.7823	VERDADERO	-109.4982	74.7168	0.9994
14	0.03611	8.08	1	VERDADERO	8.2251	14	0.669	0.612	59.126	0	VERDADERO	-59.126	46.3775	1
15	0.04028	7.87	1	VERDADERO	7.784									
16	0.04444	7.7	1	VERDADERO	7.637									
17	0.04444	7.38	1	VERDADERO	7.344									
18	0.04722	7.11	1	VERDADERO	7.05									
19	0.05	6.77	1	VERDADERO	6.7559									
20	0.05278	6.53	1	VERDADERO	6.4619									
21	0.05556	6.21	1	VERDADERO	6.1678									
22	0.05833	5.93	1	VERDADERO	5.8749									
23	0.06111	5.69	1	VERDADERO	5.5808									
24	0.06389	5.37	1	VERDADERO	5.2868									
25	0.06667	5.03	1	VERDADERO	4.9927									
26	0.06944	4.68	1	VERDADERO	4.6997									
27	0.07222	4.39	1	VERDADERO	4.4057									
28	0.075	4.11	1	VERDADERO	4.1116									
29	0.07778	3.77	1	VERDADERO	3.8176									
30	0.08056	3.44	1	VERDADERO	3.5236									
31	0.08333	3.12	1	VERDADERO	3.2306									
32	0.08611	3.66	0	VERDADERO										
33	0.08889	4.74	0	VERDADERO										
34	0.09167	5.84	0	VERDADERO										
35	0.09444	6.97	0	VERDADERO										
36	0.09722	6.83	2	VERDADERO	6.8422									

Figura 6.29.- Arxiu Microsoft Excel d'un respirograma exportat des de la pantalla Anàlisi Respirogrames

Apart del llistat de mostres, s'exporten els valors obtinguts del càlcul de pendents. En el respirograma exportat en la Figura 6.29 podem observar que s'han calculat 14 pendents cadascun dels quals té els paràmetres:

- **Pendent:** Identifica el nombre de pendent, que relaciona cadascuna de les OUR calculades, amb el conjunt de mostres utilitzades pel seu càlcul identificades amb el paràmetre Pendent del llistat de mostres.
- **Temps(h):** Temps promig del conjunt de mostres utilitzades pel càlcul del pendent representat.
- **t(h):** Valors del temps promig, agafant com a coordenada d'origen el primer temps representat amb el paràmetre Temps(h).
- **OUR:** Taxa de consum d'oxigen corresponent a cada pendent analitzat.
- **Trapezi:** Paràmetre utilitzat pel càlcul d'àrees que representa l'àrea formada pel valor del pendent corresponent i el consecutiu.

- **Utilitzada:** Indica si el pendent corresponent es utilitzat pel càlcul d'àrees. En cas d'assignar el valor FALSO, indicariem que no volem utilitzar el pendent.
- **Pendent:** Pendent de la recta de regressió calculada sobre les mostres corresponents a cada pendent.
- **Offset:** Coordenada a l'origen de la recta de regressió calculada sobre les mostres corresponents a cada pendent.
- **R2:** Coeficient de correlació de la recta de regressió calculada sobre les mostres corresponents a cada pendent.

Més endavant veurem amb més detall el càlcul de cadascun dels paràmetres representats anteriorment.

Per tal que l'aplicació interpreti correctament els paràmetres, en el procés d'importació, es necessari utilitzar la mateixa plantilla obtinguda en l'exportació. Utilitzant un arxiu exportat des de la mateixa aplicació, no tindrem cap problema ja que en el moment d'exportar les dades, s'assignaran automàticament els valors correctes a cada cel·la i seran interpretats correctament en el procés d'importació. Tot i això, no necessàriament ens pot interessar importar dades obtingudes del mateix respiròmetre, sinó que podríem analitzar dades registrades d'un respiròmetre diferent. En aquest cas, l'usuari no necessàriament ha d'introduir tots els paràmetres representats a la plantilla (podria ser que realment no disposes d'ells), sinó que pot deixar en blanc alguns d'ells, exceptuant els següents, que necessàriament s'han d'introduir:

- Codi respirograma: no pot estar registrat a la base de dades, si ho està, en el procés d'importació, l'aplicació ens mostrarà un missatge indicant si volem sobreesciure els valors.
- Mostra: Identifica cada mostra amb un nombre decimal, que va de 1 fins el nombre de mostres registrades.
- Temps(h): moment expressat en hores que representa l'instant en que es va registrar la mostra des del inici de la respirometria.
- OD: Lectura d'oxigen.

La resta de paràmetres són voluntaris i s'introduiran per tal de mostrar informació característica de la respirometria o per agilitzar el procés d'anàlisi. Si per exemple tenim clar les mostres que formaran cada pendent, podem assignar manualment el paràmetre Pendent del llistat de mostres, assignant el numero de pendent a cada mostra i el valor 0 a les mostres no utilitzades pel càlcul de pendents. Si volem calcular manualment la recta de regressió de cada pendent o l'àrea de cadascun dels trapezoides, també tenim la possibilitat d'introduir els valors manualment en el llistat de pendents. Si no ho introduïm, els calcularem automàticament a través de l'aplicació.

Un dels avantatges d'exportar els respirogrames i poder-los importar posteriorment, es que podem emmagatzemar les dades i els resultats externament de la base de dades, tenint la possibilitat de treballar amb les dades en ordinadors diferents al de l'aplicació. Podríem utilitzar l'aplicació per tal de registrar el mostreig de les respirometries, i des d'un altre ordinador realitzar tots els càlculs. El fet d'exportar les dades referents al càlcul de pendents i els resultats ens permet comprovar tot el procés anàlisi, sense necessitat d'haver de repetir tots els passos que comentarem posteriorment.



➤ **Pantalla Càlcul Pendents:**

Un cop seleccionat el respirograma a analitzar des de la pantalla de selecció, clicant sobre la tecla Següent, accedim a la pantalla d'anàlisi de pendents representada a la Figura 6.30. El procediment de càlcul de pendents és comú pels dos tipus de respirogrames, aigua residual i compost.

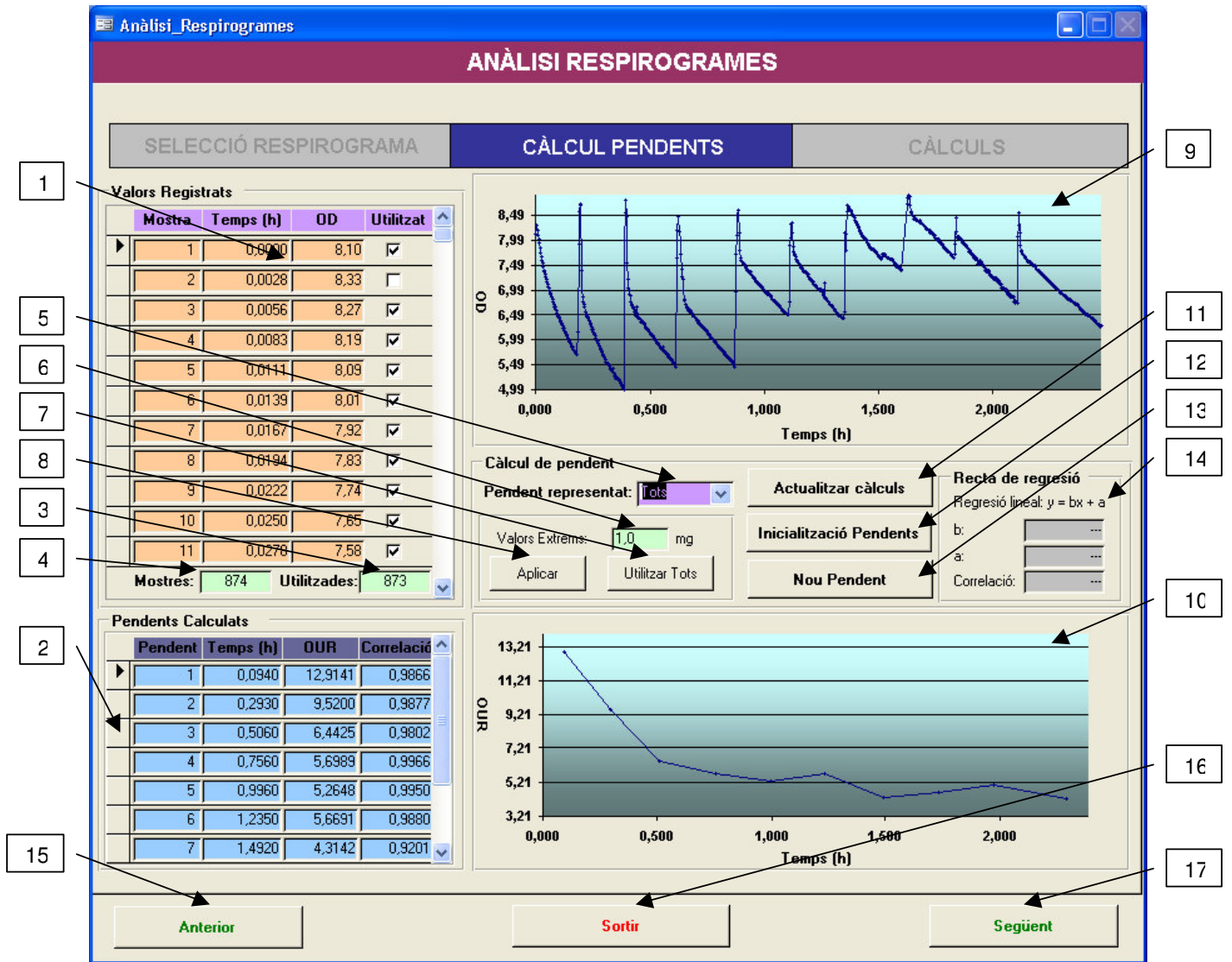


Figura 6.30.- Pantalla Càlcul pendents del formulari Anàlisi Respirogrames

A continuació es descriu la funció de cadascun dels índex representats a la Figura 6.30:

Índex	Descripció
1	<p><b>Llistat de mostres:</b> Ens representa el llistat de mostres del respirograma analitzat. De cada mostra, representa el seu número identificatiu, el moment en que es va registrar des del inici de la respirometria, i el paràmetre Utilitzat que ens indica si s'utilitza el mostra en qüestió pel càlcul de pendents. Les mostres representades en aquest llistat canviaran en funció del pendent seleccionat amb la llista desplegable Pendent representat (índex 5). En l'exemple de la figura podem observar que representem tots els pendents, per tant, el llistat ens representa totes les mostres. Si seleccionéssim algun dels pendents de la llista desplegable, mostraria només les mostres que formen el pendent en qüestió.</p>
2	<p><b>Llistat de pendents:</b> Representa el llistat de pendents calculats. De cada pendent representa el número de pendent identificatiu, l'instant de temps, que corresponent el temps promig de les mostres utilitzades per fer el càlcul, el valor OUR que correspon al valor absolut del pendent de la recta de regressió obtinguda de l'anàlisi, i el coeficient de correlació d'aquesta recta. En el moment de seleccionar algun dels pendents a la llista desplegable Pendent representat (índex 5), aquest llistat desapareixerà per mostrar-nos un conjunt de controls que ens permeten modificar el càlcul del pendent en qüestió. Aquests controls es descriuran més endavant.</p>
3	<p><b>Número de mostres utilitzades:</b> Representa el nombre de mostres del pendent representat (o de tots els pendents en funció del paràmetre seleccionat a la llista desplegable Pendent representat), que s'utilitzen pel càlcul del pendent. En l'exemple de la figura podem observar que representem tots els pendents i que la mostra 2 té el valor Utilitzat no seleccionat. A la mateixa figura podem observar que el nombre de mostres totals (índex 4) es de 874 mentre que les mostres utilitzades són 873 pel fet d'haver desseleccionat la mostra 2. En cas de seleccionar un pendent des de la llista Pendent representat (índex 5), ens mostraria el nombre de mostres utilitzades pel càlcul d'aquest pendent.</p>
4	<p><b>Número total de mostres registrades:</b> Representa el nombre de mostres registrades del pendent representat. En cas de seleccionar tots els pendents a la llista desplegable (índex 5) representaria la totalitat de mostres registrades en la respirometria.</p>
5	<p><b>Pendent representat:</b> Ens permet determinar el pendent representat a la pantalla. En cas de seleccionar el valor "Tots", es representa la totalitat de pendents analitzats, amb la llista de pendents (índex 2) i el gràfic OUR (índex 10). Si seleccionem un pendent de la llista, aquests dos elements canviaran per tal de representar un conjunt de controls que ens permeten determinar els paràmetres d'anàlisi del pendent en qüestió.</p>
6	<p><b>Límit pel càlcul de valors extrems:</b> Tot i que l'usuari pot determinar manualment les mostres que no vol utilitzar pel càlcul de pendents (pel fet de tractar-se de mostres que a simple vista poden tenir valors erronis degut a algun problema en el mostreig o a la mostra), l'aplicació permet filtrar el que anomenarem valors extrems, i que representen totes les mostres que tenen una desviació superior al paràmetre Valors extrems, respecta la recta de regressió calculada pel pendent en qüestió. D'aquesta forma seleccionant un dels</p>

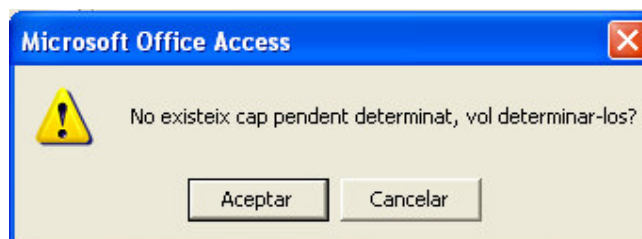
	pendents a la llista desplegable Pendent representat (índex 5) i clicant sobre la tecla Aplicar (índex 8), l'aplicació analitzarà cadascuna de les mostres del pendent i la compararà amb el valor corresponent a la recta de regressió calculada en funció de l'instant de temps de la mostra. Si la diferència és superior al valor ajustat en aquest paràmetre, automàticament determinarà que la mostra no s'utilitza pel càlcul de pendents (paràmetre Utilitzat no seleccionat al llistat de mostres (índex 1)) i tornarà a calcular la recta de regressió. Aquests valors extrems poden afectar al valor de la recta de regressió i per tant al valor OUR, per aquest motiu es important prescindir de les mostres que tinguin un valor amb una tendència molt diferent a les altres. Si en la llista desplegable Pendent representat (índex 5) tenim seleccionat Tots, l'aplicació farà un anàlisi dels valors extrems de tots els pendents.
7	<b>Tecla per anular el filtre de valors extrems:</b> Mitjançant aquesta tecla, anul·lem el filtre de valors extrems i forcem l'aplicació a utilitzar totes les mostres pel càlcul de la recta de regressió. El filtre de valors extrems està comentat en la descripció de l'índex 8.
8	<b>Tecla per aplicar el filtre de valors extrems:</b> Amb aquesta tecla iniciem el procediment d'aplicar el filtre de valors extrems al pendent seleccionat a la llista Pendent representat (índex 5). Si tenim seleccionat el valor Tots, apliquem el filtre a tots els pendents. El filtre de valors extrems està comentat en la descripció de l'índex 8.
9	<b>Gràfic de mostres:</b> Representa gràficament les mostres registrades de la respirometria analitzada. Si seleccionem algun dels pendents a la llista desplegable Pendent representat (índex 5) sobre aquest gràfic apareixeran dos cursos que mostren les mostres utilitzades pel càlcul del pendent en qüestió. Aquests cursos es podran veure més endavant quan descrivim el procés d'anàlisi. Els valors representats en aquest gràfic corresponen al paràmetre Temps (h) i OD del llistat de mostres (índex 1)
10	<b>Gràfic OUR:</b> Representa gràficament els valors OUR calculats i representats en el llistat de pendents (índex 2). Si seleccionem un pendent a la llista Pendent representat sobre aquest gràfic es representaran els valors OD registrats amb dos cursos que limiten les mostres utilitzades pel càlcul del pendent en qüestió.
11	<b>Tecla per calcular la recta de regressió del pendent seleccionat:</b> Mitjançant aquesta tecla forcem a l'aplicació a realitzar el càlcul de la recta de regressió utilitzada per determinar el valor OUR del pendent seleccionat a la llista Pendent representat (índex 5). En cas de tenir seleccionat el valor Tots, actualitzaria el càlcul de tots els pendents. L'aplicació realitza automàticament el càlcul de la recta de regressió, en el moment de determinar les mostres que formen el pendent o quan apliquem el filtre de valors extrems, tot i això, serà necessari clicar sobre la tecla en el cas que desseleccionem alguna mostra manualment sobre el llistat de mostres (índex 1).
12	<b>Tecla per inicialitzar els pendents:</b> Com s'ha comentat anteriorment o com es pot observar en el respirograma exportat a la Figura 6.29, cada mostra té assignat un número de pendent. Aquest número es utilitza per l'aplicació per determinar les mostres utilitzades pel càlcul de la recta de regressió del pendent en qüestió. Mitjançant la tecla inicialitzar pendents forcem el valor del pendent a 0 a totes les mostres, eliminant tots els càlculs de rectes de regressió i forçant a l'usuari a tornar a assignar tots els pendents.

13	<b>Tecla per crear un nou pendent:</b> Aquesta tecla s'utilitza per definir un nou pendent, en cas que els pendents s'hagin inicialitzat o procedeixin d'una importació d'un respiròmetre extern i l'usuari no hagi assignat cap valor al paràmetre Pendent (representat a la Figura 6.29). La funció d'aquesta tecla es descriurà més detalladament quan es comenti l'anàlisi de pendents.
14	<b>Paràmetres de la recta de regressió:</b> Aquests paràmetres defineixen la recta de regressió (Pendent, ordenada a l'origen i coeficient de correlació) calculada pel pendent seleccionat a la llista Pendent representat (índex 5). Si en aquesta llista tenim seleccionat Tots, no es representarà cap valor.
15	<b>Tecla per anar a la pantalla de selecció del respirograma:</b> Mitjançant aquesta tecla accedim a la pantalla de selecció del respirograma, comentada anteriorment.
16	<b>Tecla sortir:</b> Tecla per tancar el formulari i accedir al menú principal.
17	<b>Tecla següent:</b> Un cop realitzat l'anàlisi de pendents, mitjançant aquesta tecla accedim a la pantalla de càlcul del paràmetre Ss o $\mu H$ en funció del tipus de mostra utilitzada en el respirograma seleccionat (Aigua Residual o Compost).

➤ Procediment utilitzat pel càlcul de pendents:

El pas previ a l'anàlisi de pendents és determinar les mostres que formen cadascun dels pendents. Quan el mostreig es desenvolupa des de la mateixa aplicació, l'assignació del pendent corresponent a cada mostra es realitza automàticament en el moment de registrar la mostra a la base de dades, incrementant el número de pendent en cada nova oxigenació. Tot i això, tenint en compte que no necessàriament les mostres analitzades poden haver estat registrades per la mateixa aplicació, es necessari introduir un conjunt de controls que ens permetin determinar manualment les mostres que formen cada pendent. Independentment que la mateixa aplicació assigni els pendents en el mostreig de les mostres, l'usuari pot modificar manualment aquesta assignació o inicialitzar els pendents. A continuació es descriurà el funcionament d'aquests controls, vàlid tant pels respirogrames importants, com registrats per la mateixa aplicació, amb la diferència que quan iniciem l'anàlisi d'un respirograma mostrejat des de la mateixa aplicació els pendents estaran assignats i només serà necessari revisar i en alguns casos, corregir les mostres assignades a cada pendent. Important el respirograma, l'usuari també té la possibilitat d'assignar manualment les mostres, utilitzant el paràmetre Pendent, representat a la Figura 6.29.

Partint d'un respirograma importat des de la pantalla Selecció Respirograma, i tenint en compte que l'usuari no ha introduït el paràmetre Pendent (representat a la Figura 6.29), en el moment de seleccionar el respirograma i prémer la tecla Següent des de la pantalla Selecció, l'aplicació ens mostrarà un missatge on ens indica que no hi ha cap pendent determinat:



**Figura 6.31.-** Missatge informatiu de la pantalla d'anàlisi de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames

Acceptant els missatge representat a la Figura 6.31, iniciem el procés de determinació dels pendents, apareixent la pantalla representada a la Figura 6.32.

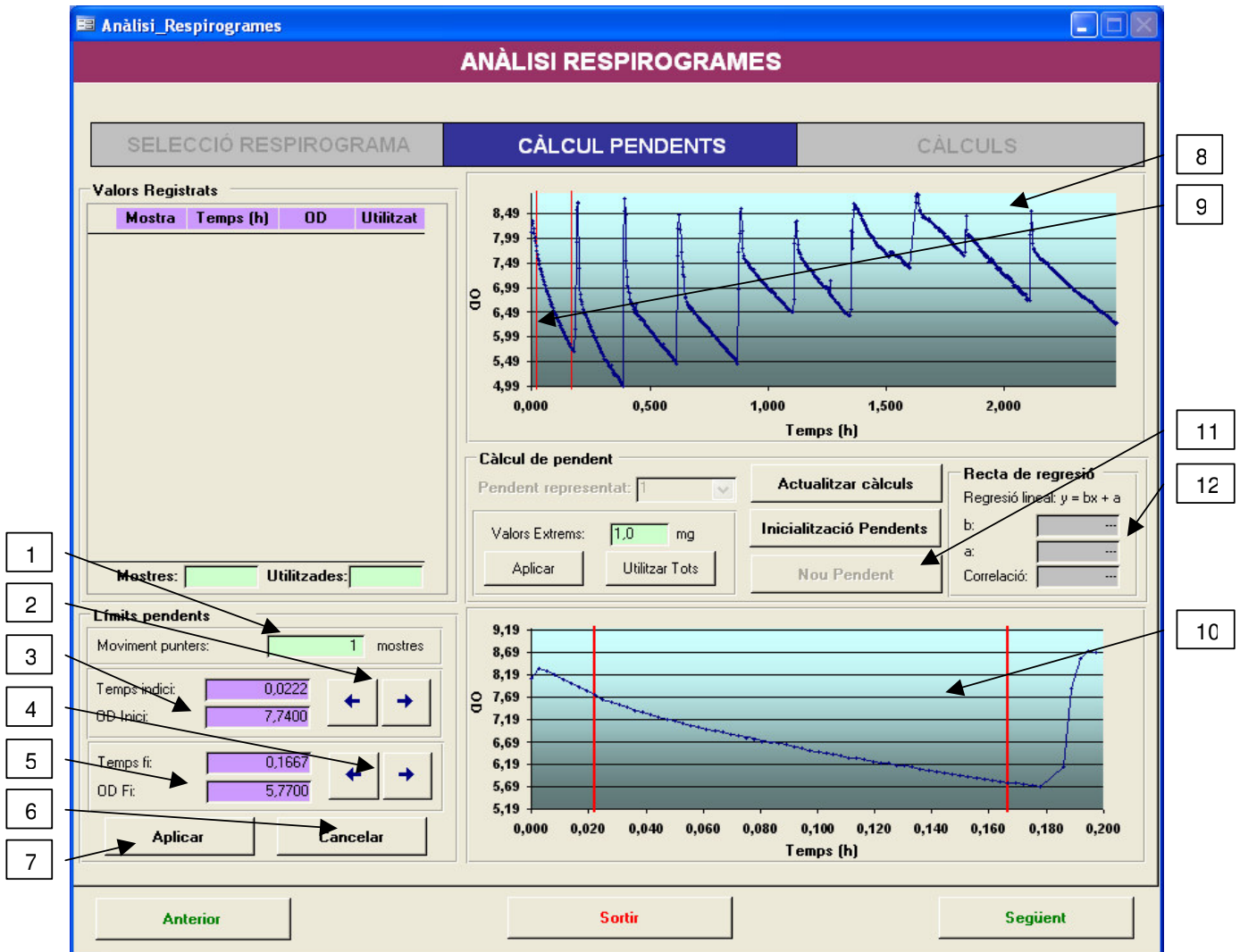


Figura 6.32.- Pantalla de determinació de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames

A la Figura 6.32, podem observar que alhora de determinar un nou pendent, ens apareixen un conjunt de controls a la part inferior esquerra de la pantalla i uns cursors sobre els gràfics (índex 8 i 10 de la figura), que ens determinen les mostres que formen el pendent. Els dos gràfics, mostren les mateixes dades i els mateixos cursors, amb la diferència que el gràfic amb índex 10 no deixa de ser un zoom sobre el gràfic amb índex 8, representant més detalladament les mostres que formen el pendent. El càlcul de la recta de regressió utilitzada pel càlcul del pendent analitzat, es realitzarà sobre les mostres que estiguin compreses entre els dos cursors (índex 9 de la figura).

En el gràfic amb índex 8 de la Figura 6.32, podem observar que les mostres registrades generen un gràfic en dent de serra, on en cada nova oxigenació (cada pic del gràfic) i respiració (mostres entre dues oxigenacions), tenim un valor màxim i un valor mínim. Entre aquests dos llindars, estaran els dos límits que determinaran les mostres utilitzades pel càlcul de la recta de regressió del pendent analitzat. D'aquesta forma, en el moment que l'aplicació rep l'ordre de determinar un nou pendent, analitza les dades mostrejades, buscant un valor màxim i posteriorment un valor mínim,

partint de l'última mostra utilitzada en el pendent anterior. En el cas de ser el primer pendent determinat, partiríem de la primera mostra registrada. Donant un conjunt de mostres de seguretat, per eliminar els transitoris (just després d'oxigenar o just abans de tornar a començar una oxigenació), determinem els dos límits que ens limiten les mostres utilitzades pel càlcul del pendent analitzat. Aquest procés és automàtic i l'aplicació el realitza cada cop que volem determinar un nou pendent, ja sigui quan iniciem el càlcul d'un nou respirograma, que ens apareixerà el missatge representat a la Figura 6.31, com quan polsem sobre la tecla Nou pendent (índex 11 de la Figura 6.32). Tot i que aquests límits es calculen automàticament, l'usuari té la possibilitat de modificar-los, utilitzant els controls de la part inferior esquerra de la pantalla. Utilitzant les fletxes del cursor d'inici del pendent (índex 2), movem el cursor d'inici cap a les mostres anteriors (fletxa esquerra) o posteriors (fletxa dreta). El nombre de mostres que ens movem per cada nova pulsació, el determina el paràmetre Moviment punters (índex 1), si tenim assignat el valor 1, com en el cas de l'exemple comentat, per cada pulsació de les fletxes, mouríem el cursor a 1 mostra posterior o anterior. Els paràmetres "Temps inici" o "OD inici" (índex 3) ens determinen l'instant de mostreig i l'oxigen dissolt, corresponent a la primera mostra utilitzada pel càlcul del pendent. El comportament del cursor final de mostres es el mateix que el d'inici, amb les fletxes (índex 4) movem el cursor les mostres determinades pel paràmetre Moviment punters (índex 1) i els paràmetres "Temps fi" i "OD fi" (índex 5) ens determinen l'instant de mostreig i l'oxigen dissolt, corresponent a la última mostra utilitzada pel càlcul del pendent.

Un cop determinades les mostres que formaran el pendent analitzat, el següent pas es fer el càlcul de la recta de regressió corresponent a aquestes mostres:

$$y = a + b \cdot x$$

**Figura 6.33.-** Funció de la recta de regressió utilitzada pel càlcul de OUR

Per realitzar el càlcul dels paràmetres  $a$  i  $b$  representats a la Figura 6.33, polsarem sobre la tecla Aplicar (índex 7). En aquest moment, l'aplicació analitzarà les mostres determinades, calculant els paràmetres a través de les següents funcions, considerant que  $y$  correspon als paràmetres de temps i  $x$  als paràmetres OD:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad b = \frac{S_{xy}}{S^2 x} \quad r^2 = \frac{S_{xy}^2}{S^2 x \cdot S^2 y}$$

**Figura 6.34.-** Paràmetres de la recta de regressió

Un cop calculats els paràmetres de la recta de regressió, s'actualitzaran automàticament els valors de pendent, ordenada a l'origen i coeficient de correlació, representats a l'índex 12. En aquest moment, també assignarem el valor OUR al pendent analitzat que serà igual al valor absolut del paràmetre  $b$ . El temps corresponent a aquest OUR serà igual al promig dels temps de les mostres utilitzades pel càlcul del pendent en qüestió.

En el moment de calcular un nou paràmetre OUR, les mostres utilitzades i els paràmetres de la recta de regressió calculada, s'emmagatzemen automàticament a la base de dades per tal que el següent cop que consultem l'anàlisi del respirograma, no haguem de repetir els passos. D'aquesta forma, si tornéssim a obrir el respirograma de l'exemple, ja no ens apareixeria el missatge representat a la Figura 6.31 ja que tindríem pendents determinats dins la base de dades.

Un cop calculat el pendent, s'actualitzarà la pantalla per mostrar la recta de regressió calculada, sobre el gràfic amb índex 10 de la Figura 6.32. Aquesta recta la podem veure representada a la Figura 6.35. També s'actualitzarà el llistat de mostres (índex 1 Figura 6.30), amb les mostres corresponents al pendent determinat.

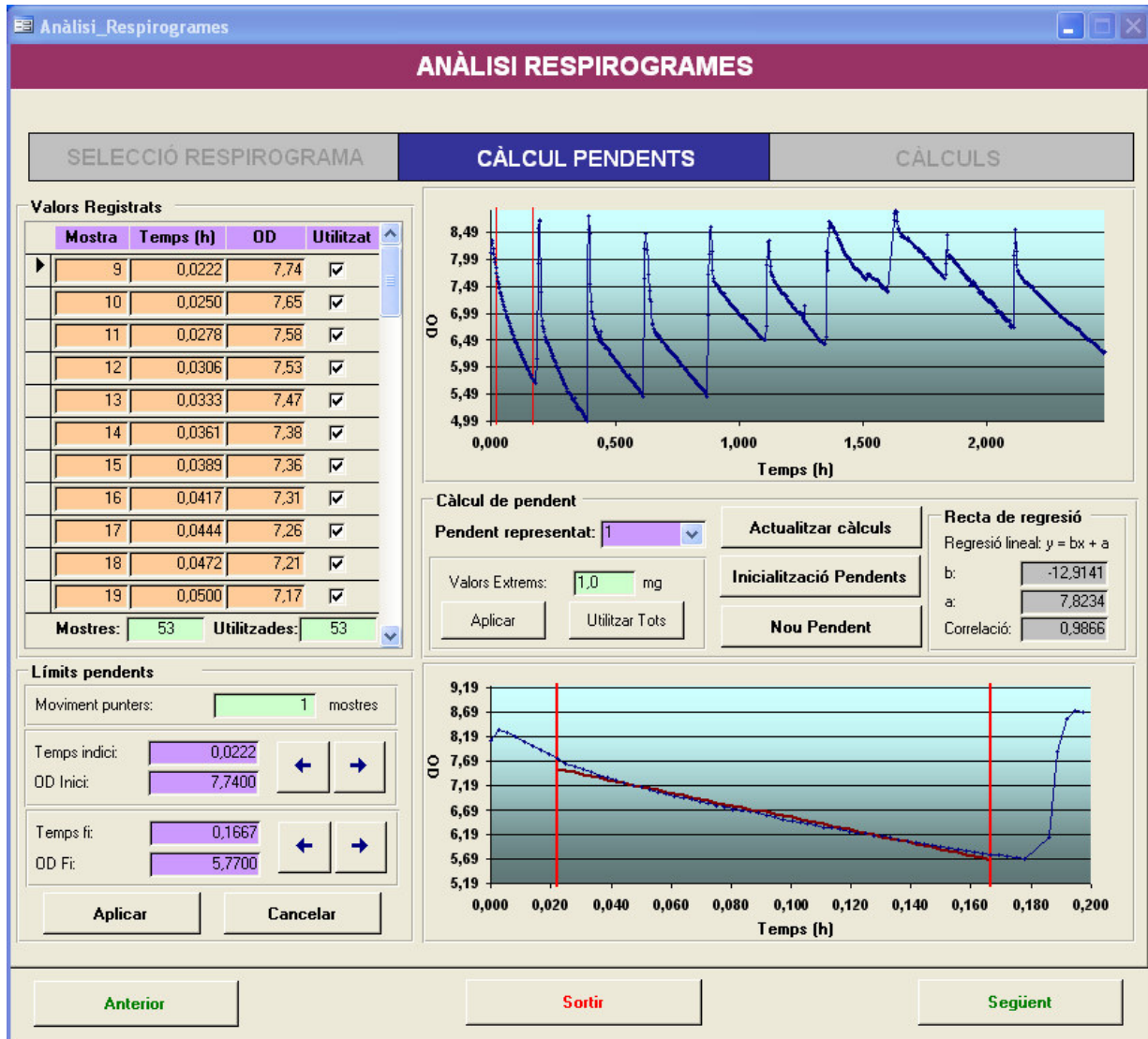


Figura 6.35.- Pantalla de determinació de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames

Un cop calculat el primer pendent, hauríem de repetir el procés anterior per cadascun dels pendents representats en el gràfic amb índex 8 de la Figura 6.32. Per fer-ho, utilitzarem la tecla Nou pendent (índex 11 de la Figura 6.32), on inicialitzaríem el mateix càlcul comentat, pel següent pendent a analitzar. Un cop determinats tots els pendents, si intentem crear un pendent nou, l'aplicació ens mostrarà el missatge d'error representat a la Figura 6.36.

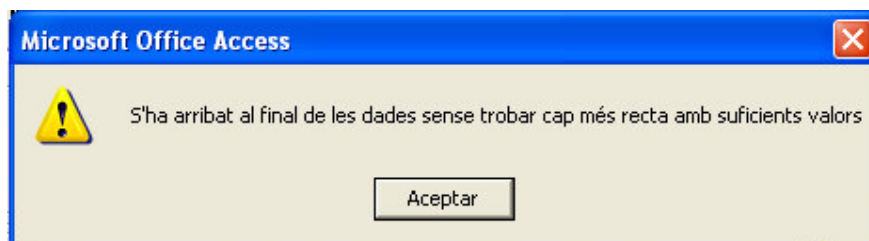


Figura 6.36.- Missatge d'error al no poder determinar cap nou pendent



Utilitzant la tecla Inicialització pendents, de la mateixa pantalla, eliminariem de la base de dades tots els pendents registrats i l'assignació de mostres per a cadascun d'ells, corresponents al respirograma analitzat. Si inicialitzem els pendents, seria necessari tornar a repetir el procés d'assignació de mostres i de càlcul de les rectes de regressió, per tal de continuar el procés d'anàlisi.

Hem vist que des de la pantalla d'anàlisi dels pendents, podem determinar els valors OUR d'un respirograma sense que aquest tingués un anàlisi previ, i hem explicat el procés per definir les mostres que formen els pendents, així com els càlculs de les rectes de regressió de cadascun d'ells. Apart d'aquesta funcionalitat, l'aplicació també ens permet modificar els càlculs previs, modificant les mostres utilitzades pel càlcul de les rectes de regressió i permeten recalculer les rectes de regressió. Prenent com exemple, el mateix respirograma anterior i considerant que hem determinat tots els pendents, tindrem la pantalla representada a la Figura 6.37.

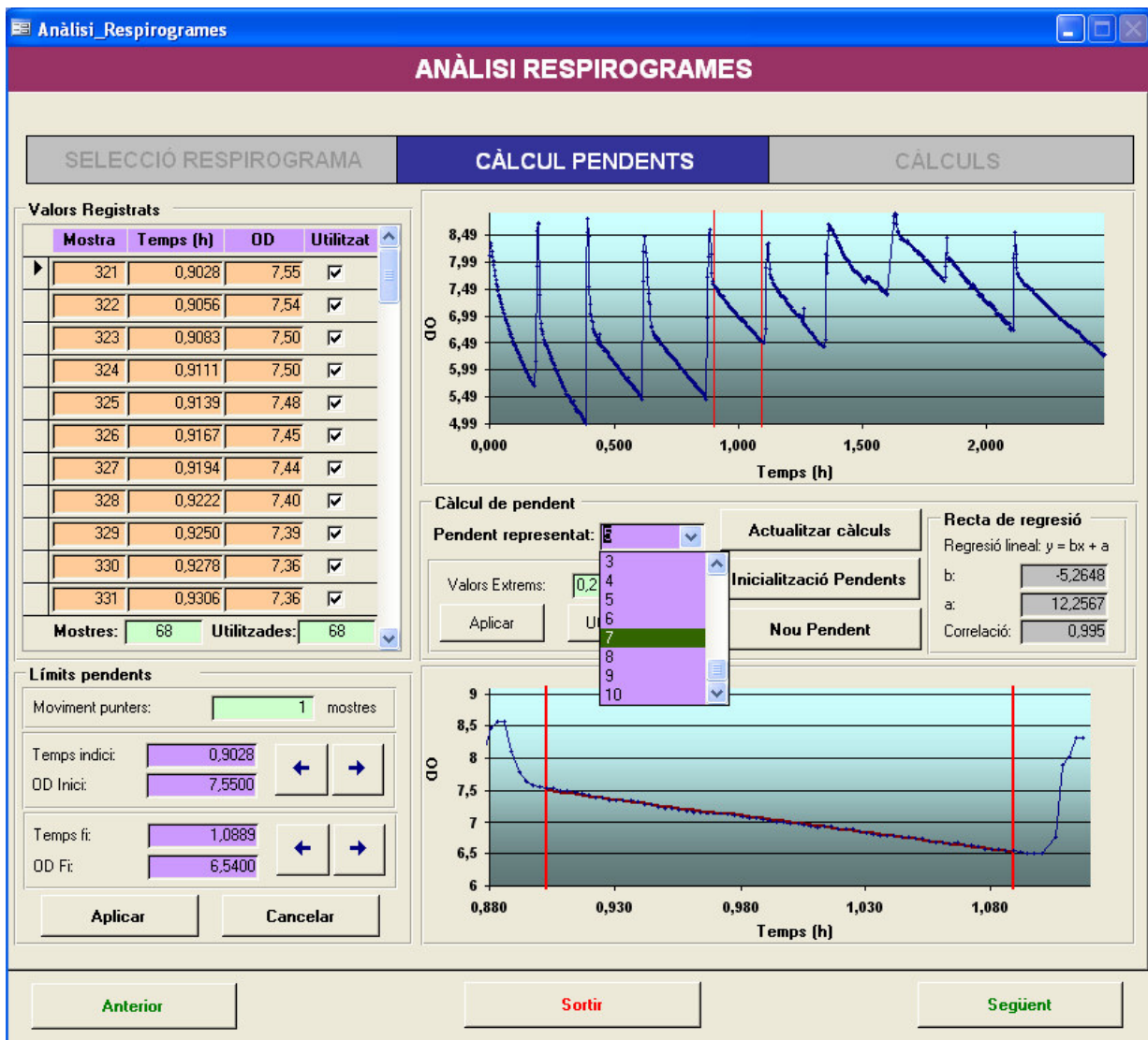


Figura 6.37.- Pantalla de determinació de pendents del formulari Anàlisi Respirogrames



Seleccionant qualsevol dels pendents calculats a través de la llista desplegable Pendent representat, mostrariem per pantalla les mostres corresponents a aquest pendent (de forma numèrica en el llistat de mostres i de forma gràfica en els dos gràfics), i els valors obtinguts del càlcul de la recta de regressió. Podem observar que els controls de la part inferior esquerra de la pantalla, que ens han premés crear els nous pendents, continuen estant visibles, fet que ens permet modificar els cursors que defineixen les mostres del pendents. Modificant aquests cursors i pulsant sobre la tecla Aplicar, tornariem a repetir el càlcul de la recta de regressió amb les noves mostres i actualitzaríem la base de dades. Amb la tecla Cancel·lar no tindriem en compte les modificacions i situariem els cursos en la seva posició inicial, sense realitzar el càlcul de la recta de regressió.

➤ **Pantalla Càlcul paràmetre Ss:**

Un cop determinats els valors OUR de la respirometria des de la pantalla de Càlcul de pendents, amb la tecla Següent, accedim a la pantalla de càlcul del paràmetre Ss representada a la Figura 6.38, si el respirograma analitzat s'ha realitzat sobre una mostra d'aigua residual.

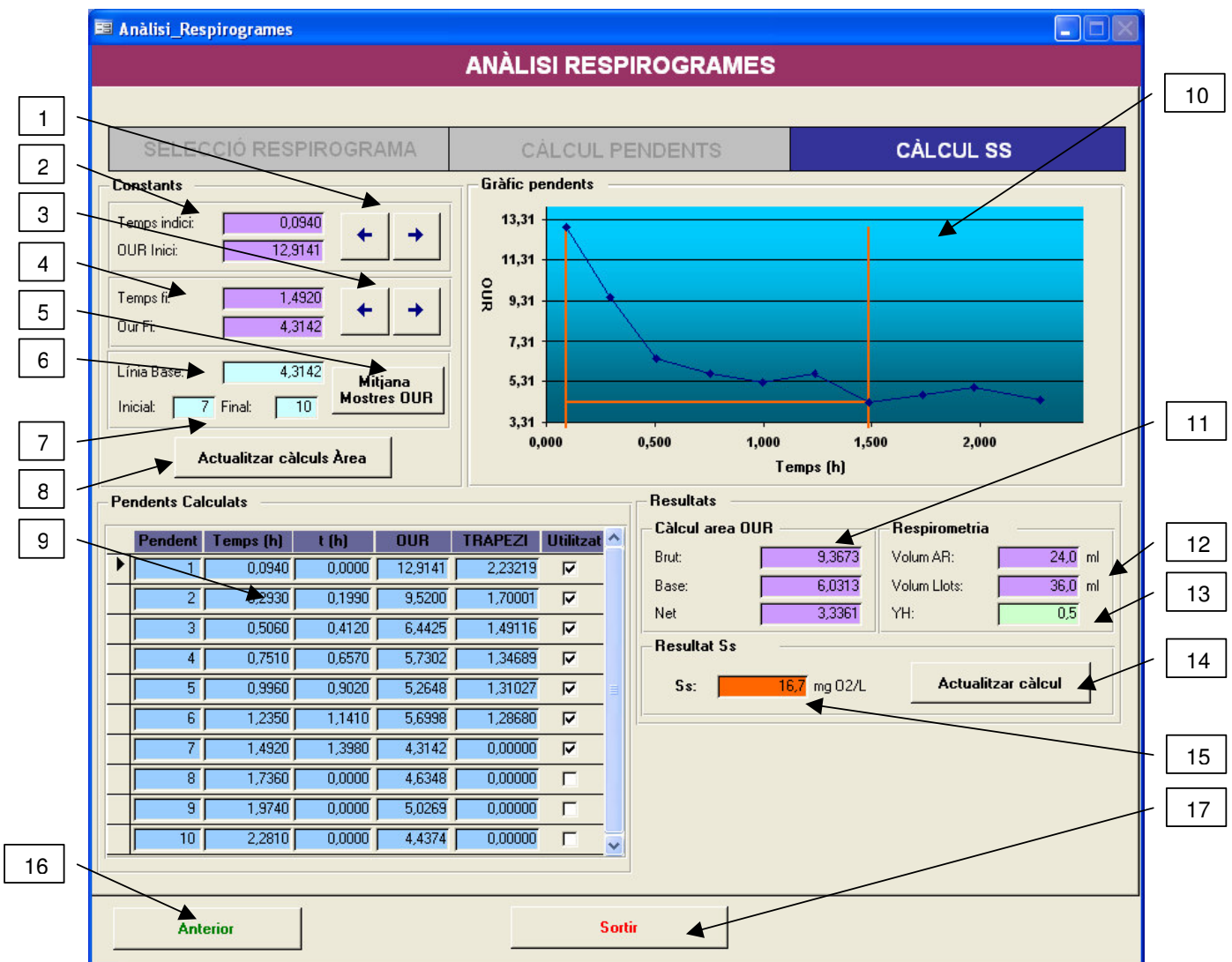


Figura 6.38.- Pantalla càlcul Ss del formulari Anàlisi Respirogrames

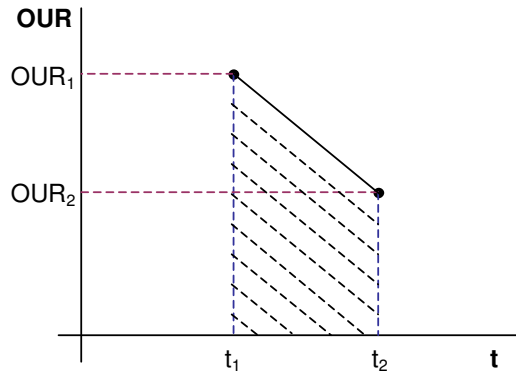
A continuació es descriu la funció de cadascun dels índex representats a la Figura 6.38:

Índex	Descripció
1	<b>Control del cursor inici del càlcul Ss:</b> Fletxes mitjançant les quals podem moure el cursor inicial, representat en el gràfic amb índex 10, que ens delimita l'àrea mitjançant la qual calculem el paràmetre Ss.
2	<b>Valors cursor inici càlcul Ss:</b> Paràmetres que ens determinen l'instant i el valor OUR, corresponents al primer pendent utilitzat pel càlcul de Ss. Aquest pendent el determinem a través del cursor i les fletxes comentades en l'índex 1.
3	<b>Control del cursor final del càlcul Ss:</b> Fletxes mitjançant les quals podem moure el cursor final, representat en el gràfic amb índex 10, que ens delimita l'àrea mitjançant la qual calculem el paràmetre Ss.
4	<b>Valors cursor final càlcul Ss:</b> Paràmetres que ens determinen l'instant i el valor OUR, corresponents a l'últim pendent utilitzat pel càlcul de Ss. Aquest pendent el determinem a través del cursor i les fletxes comentades en l'índex 3.
5	<b>Càlcul automàtic línea base:</b> Mitjançant aquesta tecla, forcem a l'aplicació a determinar automàticament el valor de la línea base, calculant el valor promig de les OUR compreses entre la mostra Inicial i la mostra Final (índex 7).
6	<b>Valor de la línea base:</b> Mitjançant la línea base determinem l'àrea entre els dos cursors representats en el gràfic amb índex 10, no utilitzada pel càlcul del paràmetre Ss. L'àrea superior delimitada pels cursors d'inici, final i la línea base (representada com a línea horitzontal en el gràfic amb índex 10), serà utilitzada pel càlcul de Ss, prescindint de l'inferior (amb valor igual al paràmetre Base representat a l'índex 11). El valor de la línea base s'assignarà automàticament amb el valor Our Fi (índex 4), cada cop que movem el cursor final. També es podrà calcular automàticament, realitzant una mitjana de les OUR compreses entre els límits representats amb l'índex 7, clicant sobre la tecla Mitjanes mostres OUR (índex 5). Tot i aquests càlculs automàtics, l'usuari també té la possibilitat d'assignar manualment el valor de la línea base.
7	<b>Límits de les mostres utilitzades pel càlcul automàtic de la línea base:</b> Les OUR de les mostres situades entre la mostra Inici i la mostra Final, són utilitzades per calcular el valor promig assignat automàticament amb la tecla Mitjanes mostres OUR (índex 5), com a valor de la línea base.
8	<b>Actualització del càlcul d'àrees:</b> Mitjançant aquesta tecla, calculem els paràmetres Brut, Base i Net, representats amb l'índex 11, en funció dels cursors i la línea base assignada.

9	<b>Paràmetres utilitzats pel càlcul d'àrees:</b> Representació dels valors Pendent, Temps (h) i OUR calculats a través de l'anàlisi de pendents. També es representen els paràmetres t(h), obtingut del paràmetre Temps (h), agafant com a origen de coordenades la primera mostra utilitzada pel càlcul de Ss, el paràmetre Trapezi, que correspon a l'àrea que delimiten el valor OUR i el següent, i el paràmetre utilitzat, que ens mostra si el valor OUR s'utilitza pel càlcul Ss. En l'exemple de la figura podem comprovar que tots els valors que estan fora de l'àrea determinada pels dos cursors, s'assigna automàticament el valor de t(h) a 0 i el valor Utilitzat està desseleccionat. Al moure els cursors amb les fletxes (índex 1 i 3) i pulsant sobre la tecla Actualitzar càlculs Àrees (índex 8), recalculàriem aquests dos valors, ajustant-los a l'àrea determinada.
10	<b>Representació gràfica dels valors:</b> Mitjançant aquest gràfic representem gràficament els valors OUR calculats i els cursors d'inici, fi i la línia base, utilitzats pel càlcul Ss. Els tres cursors es podem moure utilitzant les fletxes (índex 1 i 3) o amb el paràmetre Línia Base (índex 6).
11	<b>Valors obtinguts del càlcul d'àrees:</b> El paràmetre Brut ens representa l'àrea total que formen els valors OUR, compresa entre el cursor d'inici i el cursor de fi. El paràmetre Base correspon a l'àrea inferior a la línia base, compresa entre el cursor d'inici i el cursor de fi. El paràmetre Net s'obté de la resta del paràmetre Brut menys els paràmetre Base. Aquest valor serà l'utilitza't pel càlcul de Ss.
12	<b>Volum AR i Llots:</b> Paràmetres obtinguts de les dades registrades de la respirometria, corresponents al volum d'aigua residual i llots utilitzats per realitzar l'experiment. Recordem que aquests volums els determinàvem just abans de realitzar el mostreig de la respirometria, des de la pantalla corresponent a cada Oxiòmetre.
13	<b>Coefficient de producció heterotròfic:</b> Introduït per l'usuari, s'utilitza pel càlcul del paràmetre Ss.
14	<b>Actualització càlcul Ss:</b> Calcula el paràmetre Ss en funció del valor Net obtingut del càlcul d'àrees, el volum d'aigua residual i de llots utilitzats en la respirometria i el coeficient de producció heterotròfic.
15	<b>Resultat Ss:</b> Resultat final del paràmetre Ss. Un cop determinat el valor Net, del càlcul d'àrees, i el coeficient de producció heterotròfic, utilitzant el volum d'aigua residual i llots utilitzats en la respirometria, amb la tecla Actualització càlcul Ss (índex 14), determinem el valor Ss.
16	<b>Tecla per anar a la pantalla de càlcul de pendents:</b> Mitjançant aquesta tecla accedim a la pantalla de càlcul de pendents, comentada anteriorment.
17	<b>Tecla sortir:</b> Tecla per tancar el formulari i accedir al menú principal.

➤ Procediment utilitzat pel càlcul d'àrees:

En el moment de clicar sobre la tecla Actualitzar càlcul d'àrees (índex 8 de la Figura 6.38) l'aplicació analitzarà cadascun dels valors OUR, compresos entre els cursors d'inici i de fi, i calcularà cadascuna de les àrees delimitades per dos valors consecutius OUR, assignant el valor al paràmetre Trapezi (representat a la taula amb índex 9 de la Figura 6.38).



**Figura 6.39.-** Representació de dos valors consecutius OUR

Donats dos valors consecutius OUR, representats en la Figura 6.39, l'aplicació calcularà l'àrea utilitzant la fórmula:

$$Area = \frac{Abs((OUR_2 - OUR_1) \cdot (t_2 - t_1))}{2} + OUR_2 \cdot (t_2 - t_1)$$

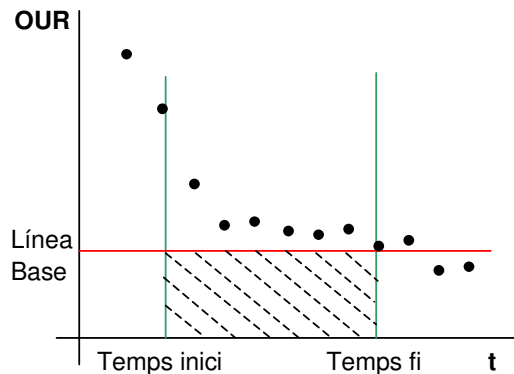
**Figura 6.40.-** Fórmula utilitzada pel càlcul d'àrees

Un cop calculada l'àrea, l'aplicació l'assigna automàticament al paràmetre Trapezi, representat a la taula amb índex 9 de la Figura 6.38. Agafant com exemple les primeres OUR representades a la Figura 6.38, considerem:

$$\begin{aligned} OUR_1 &= 12,9141 \\ OUR_2 &= 9,52 \\ t_1 &= 0,094 \\ t_2 &= 0,293 \end{aligned}$$

Aplicant la fórmula representada a la Figura 6.40, obtenim una àrea de 2,232192 assignat al paràmetre Trapezi, del primer valor OUR.

Sumant totes les àrees representades en els paràmetres Trapezi, obtenim el paràmetre Brut, representat en l'índex 11 de la Figura 6.38. El paràmetre Base, l'obtenim calculant l'àrea inferior de la línia base:



**Figura 6.41.-** Representació de dos valors consecutius OUR i la línia base

Utilitzant els valors determinats amb els cursors d'inici i de fi i el valor de la línia base, obtenim el paràmetre Base utilitzant la següent fórmula:

$$Base = [Valor \_ línia \_ base] \bullet ([Temps \_ fi] - [Temps \_ inici])$$

**Figura 6.42.-** Fórmula utilitzada pel càlcul del paràmetre Base

Agafant com exemple el respirograma analitzat a la Figura 6.38, considerem:

Valor línia base = 4,3142

Temps inici = 0,094

Temps fi = 1,492

Amb aquests valors, aplicant la fórmula representada a la Figura 6.42, obtenim un valor de Base igual a 6,0313 (representat a l'índex 11 de la Figura 6.38).

El paràmetre Net s'obté de la resta entre el paràmetre Brut i el paràmetre Base.

➤ Procediment utilitzat pel càlcul Ss:

Pel càlcul del paràmetre Ss s'utilitza la fórmula:

$$S_s = \frac{Net}{1 - Y_H} \cdot \frac{[Volum\_llots] + [Volum\_aigua\_residual]}{[Volum\_aigua\_residual]}$$

**Figura 6.43.-** Fórmula utilitzada pel càlcul del paràmetre Ss

El Volum d'aigua residual i el Volum de llots, s'obtenen automàticament dels paràmetres registrats a la base de dades, referents al respirograma analitzat. Aquests volums son els utilitzats per tal de fer el mostreig de la respirometria. El coeficient de producció heterotròfic ( $Y_H$ ), l'introduirà l'usuari en el moment de realitzar el càlcul Ss (índex 13 Figura 6.38).

En el moment de pulsar sobre la tecla Actualitzar Càlcul (índex 14 Figura 6.38) l'aplicació calcularà el valor del paràmetre Ss representat a l'índex 15 de la Figura 6.38)

Agafant com a exemple el respirograma analitzat a la Figura 6.38, considerem:

Net = 3,3361

$Y_H = 0,5$

Volum Aigua Residual = 24

Volum Llots= 36

Amb aquests valors, aplicant la formula representada a la Figura 6.43, obtenim el valor de Ss igual a 16,68 mg O<sub>2</sub> /l (representat a l'índex 15 de la Figura 6,38).

➤ **Pantalla Càlcul paràmetre  $\mu H$ :**

Un cop determinats els valors OUR de la respirometria des de la pantalla de Càlcul de pendents, amb la tecla Següent, accedim a la pantalla de càlcul del paràmetre  $\mu H$  representada a la Figura 6.44, si el respirograma analitzat s'ha realitzat sobre una mostra de compost.

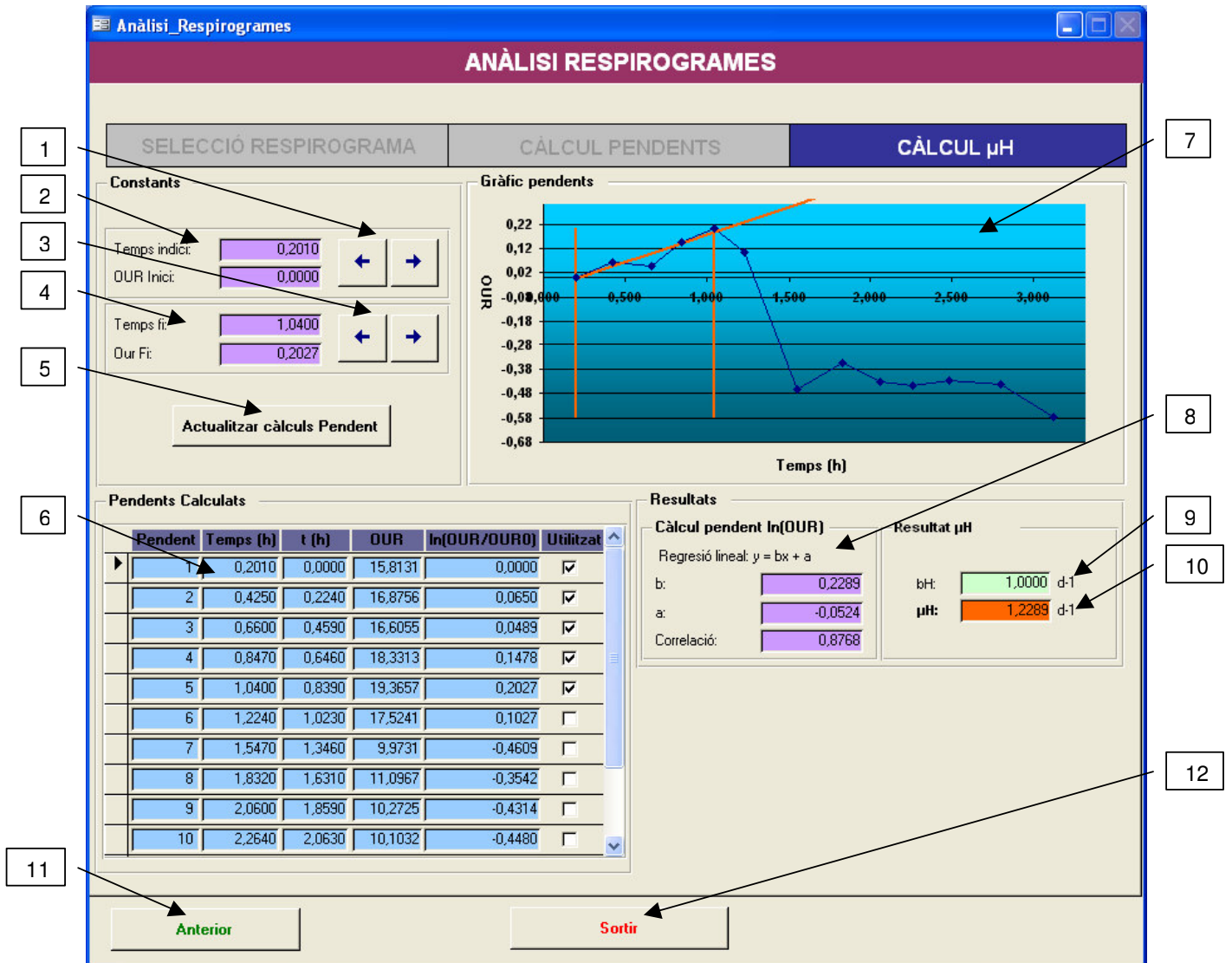


Figura 6.44.- Pantalla càlcul  $\mu H$  del formulari Anàlisi Respirogrames

A continuació es descriu la funció de cadascun dels índex representats a la Figura 6.38:

Índex	Descripció
1	<b>Control del cursor inici del càlcul <math>\mu H</math>:</b> Fletxes mitjançant les quals podem moure el cursor inicial, representat en el gràfic amb índex 7, que ens delimita els pendents utilitzats pel càlcul del paràmetre $\mu H$ .
2	<b>Valors cursor inici càlcul <math>\mu H</math>:</b> Paràmetres que ens determinen l'instant i el valor OUR, corresponents al primer pendent utilitzat pel càlcul de $\mu H$ . Aquest pendent el determinem a través del cursor i les fletxes comentades en l'índex 1.
3	<b>Control del cursor final del càlcul <math>\mu H</math>:</b> Fletxes mitjançant les quals podem moure el cursor final, representat en el gràfic amb índex 7, que ens delimita els pendents utilitzats pel càlcul del paràmetre $\mu H$ .
4	<b>Valors cursor final càlcul <math>\mu H</math>:</b> Paràmetres que ens determinen l'instant i el valor OUR, corresponents a l'últim pendent utilitzat pel càlcul de $\mu H$ . Aquest pendent el determinem a través del cursor i les fletxes comentades en l'índex 3.
5	<b>Actualització càlculs pendent:</b> Mitjançant aquesta tecla, determinem la recta de regressió dels pendents compresos entre el cursor d'inici i el cursor de fi. Un cop calculada, actualitzem els valors a, b y Correlació, representats amb l'índex 8.
6	<b>Paràmetres utilitzats pel càlcul de <math>\mu H</math>:</b> Representació dels valors Pendent, Temps (h) i OUR calculats a través de l'anàlisi de pendents. També es representen els paràmetres t(h), obtingut del paràmetre Temps (h), agafant com a origen de coordenades la primera mostra utilitzada pel càlcul de $\mu H$ , el paràmetre $\ln(OUR/OUR_0)$ , que correspon al logaritme de OUR dividit per l'OUR del primer pendent determinat, i el paràmetre Utilitzat, que ens mostra si el valor OUR s'utilitza pel càlcul $\mu H$ . En l'exemple de la figura podem comprovar que tots els valors que estan fora dels límits determinats pels dos cursors, el valor Utilitzat està desseleccionat.
7	<b>Representació gràfica dels valors:</b> Mitjançant aquest gràfic representem gràficament els valors OUR calculats i els cursors d'inici i de fi, utilitzats pel càlcul $\mu H$ . Els cursors es podem moure utilitzant les fletxes (índex 1 i 3). Si s'ha realitzat el càlcul de la recta de regressió, aquesta també es representarà sobre el gràfic.
8	<b>Valors de la recta de regressió:</b> Un cop col·locats els cursors, pulsant sobre la tecla Actualització càlculs pendents, calcularem la recta de regressió del valor $\ln(OUR/OUR_0)$ corresponents als pendents compresos entre els cursors d'inici i de fi. Un cop calculada, s'actualitzaran automàticament aquests valors, amb els valors a i b que defineixen la recta i el coeficient de correlació de la recta calculada. El pendent de la recta (b) s'utilitzarà pel càlcul de $\mu H$ .
9	<b>Taxa de mort endògena:</b> Paràmetre utilitzat pel càlcul de $\mu H$ .



10	<b>Resultat <math>\mu H</math>:</b> Resultat final del paràmetre $\mu H$ . Un cop determinat el pendent de la recta de regressió i la taxa de mort endògena, determinem el valor de $\mu H$ .
11	<b>Tecla per anar a la pantalla de càlcul de pendents:</b> Mitjançant aquesta tecla accedim a la pantalla de càlcul de pendents, comentada anteriorment.
12	<b>Tecla sortir:</b> Tecla per tancar el formulari i accedir al menú principal.

➤ Procediment utilitzat pel càlcul  $\mu H$ :

Pel càlcul del paràmetre  $\mu H$  s'utilitza la fórmula:

$$uH = b + b_H$$

**Figura 6.45.-** Fórmula utilitzada pel càlcul del paràmetre  $\mu H$

El paràmetre  $b$  l'obtenim de la recta de regressió dels valors  $\ln(OUR/OUR_0)$  corresponents als pendents compresos entre els cursors d'inici i de fi, mentre la taxa de mort endògena ( $b_H$ ) (índex 9 de la Figura 6.44) l'introduirà l'usuari en el moment de realitzar el càlcul de  $\mu H$ . Al modificar el paràmetre  $b_H$  es calcularà automàticament el valor de  $\mu H$ .

Agafant com a exemple el respirograma analitzat a la Figura 6.44, considerem:

$$b = 0,2289$$

$$b_H = 1$$

Amb aquests valors, aplicant la fórmula representada a la Figura 6.45, obtenim el valor de  $\mu H$  igual a  $1,2289 \text{ d}^{-1}$  (representat a l'índex 15 de la Figura 6,38).

## **7.- Conclusions**

Un cop finalitzat el projecte podem arribar a les següents conclusions:

- S'ha aconseguit l'objectiu principal, desenvolupar una aplicació per gestionar el procés de mostreig de 6 respiròmetres i l'anàlisi de les dades obtingudes, per determinar el substrat ràpidament biodegradable (Ss), amb respirometries d'aigua residual, i la taxa màxima de creixement específic ( $\mu\text{H}$ ), amb respirometries de compost.
- Tot i que en el moment de desenvolupar la present memòria, no s'ha pogut provar el procés de mostreig sobre els respiròmetres reals, degut a retards en l'execució general del projecte alienes a aquest treball, es pot dir que l'aplicació està apunt per controlar el procés de mostreig dels 6 respiròmetres. S'ha comprovat el correcte funcionament dels mòduls d'entrada/sortida, així com l'activació de les electrovàlvules dels respiròmetres, i la lectura d'oxigen i temperatura des de l'aplicació desenvolupada. Per comprovar el funcionament de l'aplicació, s'ha simulat les lectures dels sensors, per tal de comprovar el registre de les dades a la base de dades.
- La comprovació del mòdul d'anàlisi, s'ha realitzat a través de dades importades del mostreig realitzat des d'altres respiròmetres, donant els resultats esperats. Estem pendents de provar l'anàlisi sobre respirogrames realitzats amb els 6 respiròmetres comentats en aquesta memòria.
- Considerem que l'elecció de l'entorn Microsoft Access, per tal de desenvolupar l'aplicació, ha estat encertada, ja que apart d'oferir-nos una base de dades, amb unes especificacions suficients per l'aplicació desenvolupada, integra els formularis que permeten el control de l'aplicació. Això ens ha facilitat moltes de les operacions de tractament de dades i la realització dels formularis, ja que no ha set necessari definir complexes rutes des de Microsoft Visual Basic d'accés a les dades d'una base de dades externa. Des de Microsoft Access hem pogut aprofitar les possibilitats que ens ofereix Microsoft Visual Basic alhora de generar els formularis, i alhora crear i gestionar una base de dades, sense necessitat d'utilitzar dos entorns diferents.
- La utilització del programa TwinCAT per tal de configurar mòduls remots d'entrades i sortides, i per generar un PLC virtual, ens obra noves portes alhora d'utilitzar aquesta tecnologia en substitució als PLC convencionals. Utilitzant aquest programa sobre un PC-Industrial com l'utilitza't en l'aplicació, podem reduir els costos d'un PLC extern i alhora oferim a l'usuari les possibilitats d'un PC, per registrar, gestionar i tractar les dades, utilitzant bases de dades.
- El control ActiveX ADS-OCX, ha set de gran ajuda i imprescindible en aquesta aplicació, permetent-nos la comunicació entre les sensors i els actuadors físics del respiròmetre, i l'aplicació desenvolupada sobre Microsoft Access. El fet de tractar-se d'un control ActiveX, ens permet utilitzar-lo des de qualsevol entorn que suporti aquests tipus de controls, això ens permetria realitzar aplicacions des d'entorns diferents a Microsoft Access.
- Personalment, considero que la realització d'aquest projecte ha resultat molt interessant ja que m'ha premés assolir coneixements aliens a l'especialitat de la carrera cursada com són els respiròmetres i l'anàlisi de les respirometries, i alhora m'ha servit per experimentar amb noves eines com són el TwinCAT i Microsoft Access. Tot i que l'entorn i les possibilitats de Microsoft Access ja les coneixia, mai havia realitzat una aplicació de tanta complexitat utilitzant aquest entorn. TwinCAT m'ha aportat una nova alternativa alhora de desenvolupar una aplicació, donant la possibilitat de prescindir d'un PLC extern, amb la reducció de costos que això suposa en la realització de projectes d'automatització industrial.

## **8.- Bibliografia**

Charte Ojeda, F. (1999). *Visual Basic 6*. Anaya Multimedia

Ekama G. A., Dold P. L. i Marais R. (1986). *Procedures for determining influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrohs in activated sludge sistem*. Wat. Sci. Tech.

Henze M., (1987). *Activated sludge model N° 1*. IAWPRC Task Group on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment.

Kappeler J. i Gujer, W. (1992). *Estimation of kinetic parameters of heterotrophic biomass under aerobic conditions and characterization of wastewater for activated sludge modelling*. Wat. Sci. Tech.

Orhon D., Sözen S., Ubay Çokgör E. i Yildiz G. (1995). *Respirometric evaluation of the biodegradability of confectionary wastewater*. Wat. Sci. Tech.

Prats, C., Traveria Reyes, S. (2004). *Access 2003: Fácil y Rápido*. Infor Book Ediciones

Ribé Masdeu, D. (2001). *Aplicació de tècniques respiromètriques a la caracterització d'un sistema de depuració biològica d'aigües residuals*. Treball Final de carrera Universitat de Vic

Sales Harkins S., Gunderloy M. (2005). *Automatización de tareas con VBA*. Anaya Multimedia-Anaya interactiva

### **Adreces d'Internet:**

➤ **Consulta material respiròmetre:**

- <http://www.chemitec.it/es/chemitec.html>
- <http://www.hamiltoncompany.com/sensors/oxysens.asp>
- <http://www.beckhoff.de/english.asp?twincat/default.htm>
- <http://www.beckhoff.com/>
- <http://www.festo.com/>
- <http://www.pobel.com/main.php?idioma=es>

➤ **Suport programació Microsoft Visual Basic i Microsoft Access:**

- [http://ekset.ru/docs/TwinCAT\\_ADS\\_OCX\\_e-Dateien/frame.htm#slide0013.htm](http://ekset.ru/docs/TwinCAT_ADS_OCX_e-Dateien/frame.htm#slide0013.htm)
- <http://support.microsoft.com/>
- <http://accessbuho.mvps.org/>
- <http://accessvbafaq.mvps.org/>
- <http://www.recursosvisualbasic.com.ar/>
- <http://www.mvp-access.com/>
- <http://foros.solocodigo.com/>