الفصل الأول

(الدكتور شكري بابا)

أسس تكنولوجيا إنشاء البناء

مفاهيم عامة

مقدّمة:

إن زيادة الطلب على الأبنية المدنية والصناعية جعل تسريع التطور العلمي والتقني مطلباً ضرورياً لرفع وتيرة البناء، هذا التطور قام على أساس التنمية المستمرة لوسائل الإنتاج (آليات، تجهيزات، تقنيات) ولمواد العمل (مواد بناء، منتوجات خاصة بالبناء وعناصر إنشائية) ولطرق تأثير أدوات العمل على مواد العمل (تكنولوجيا، تنظيم، تخطيط وتوجيه) على أساس منجزات العلم والتكنولوجيا.

وبالتالي فإن البناء بمفهومه العام هو عبارة عن مجموعة عمليات إنتاجية معقدة تُنفذ مباشرة في موقع العمل على مراحل مختلفة. من أجل السيطرة على هذه العمليات بشكل جيد، كان لا بد من إيجاد ما يسمى بتكنولوجيا التشييد وتنظيم المشروعات.

حيث يعتمد مقرر تكنولوجيا التشييد بشكل رئيسي على المقررات التي يجب أن تتم دراستها سابقاً وهي:

- مواد البناء – تصميم وإنشاء المباني - آلات البناء

كما أن لهذا المقرر علاقة وثيقة بمقرر تنظيم وإدارة المشروعات الذي ستتم دراسته لاحقاً وهو مقرر يتضمن دراسة جميع الخطوات التي تحدد الروابط المتبادلة اللازمة لتنفيذ عمليات البناء زمنياً وفي الفراغ بشكل اقتصادي.

1. تكنولوجيا التشييد Construction Technology

هو علم تطبيقي متخصص بطرائق التشييد التي تقوم بمعالجة مواد البناء مع التغيير النوعي في خواصها الكيميائية والفيزيائية وفي أبعادها الهندسية أيضاً وذلك بهدف الحصول على العنصر الإنشائي المطلوب.

كما أن مفهوم "طرائق التشييد" Construction Methods يشمل جميع الخطوات اللازمة لتنفيذ المشروع في الوقت المحدد وفي الفراغ المخصص له، وبطريقة اقتصادية أيضاً، هذا يعني توحيد كافة العناصر الرئيسية المختلفة في عملية التشييد (اليد العاملة ومواد البناء والمعدات) وربطها مع بقية عناصر البناء من أجل الوصول إلى تنفيذ المهام المطلوبة بشكل متكامل تماماً.

اختيار طريقة التشييد المناسبة لتنفيذ عمل معين يستند على المقارنة بين مجموعة بدائل ممكنة وذلك لاختيار الطريقة الأكثر اقتصادية والمجدية تقنياً، وهذا يتأثر بمجموعة عوامل، وتشمل:

- **توفر الأيدي العاملة لدى الشركة.**
- **توفر مواد البناء المطلوبة.**
- **المعدات والآليات المتوفرة لدى المقاول.**
- **الزمن المخطّط لتنفيذ المشروع.**

ويسمى الزمن المطلوب لإنجاز المشروع **" زمن التشييد "** وهو الزمن الذي يتكون من جميع الأزمنة الجزئية اللازمة لتنفيذ جميع عمليات البناء المختلفة، مع الأخذ بعين الاعتبار الحالات التي تتداخل فيها هذه العمليات مع بعضها زمنياً. تداخل الأزمنة يمكن تمثيله بيانياً على شكل برامج زمنية، (مخططات القضبان على سبيل المثال). اختصار زمن التنفيذ يكون ممكناً من خلال أعتماد أحد أو جميع الإجراءات التالية:

- زيادة عدد ساعات يوم العمل.
- مضاعفة عدد الورشات إن كانت مساحة جبهة العمل تسمح بذلك.
- تقسيم المشروع إلى عدد أكبر من الأقسام التكنولوجية.

2. طرائق وعمليات التشييد ..... Construction Operations and Methods

هندسة التشييد هي عبارة عن مجموعة مترابطة من العمليات التي تفيد في الحصول على الأبنية والمنشآت، وبالتالي يكون المنتج النهائي في هندسة البناء هو المباني والمنشآت المدنية والصناعية المنفّذة وفق التصميم المطلوب.

على عكس الإنتاج الصناعي، فإن المنتج في البناء يكون هو الثابت، في حين أن البناؤون وأدوات العمل (آلات ومكائن ومعدات) يتم نقلهم حسب الطلب.

قبل البدء بتنفيذ عمليات التشييد بمختلف أشكالها، يجب القيام ببعض الأعمال التحضيرية، وهذا يشمل جميع الإجراءات (النشاطات) التي يجب أخذها بعين الاعتبار وتحقيقها قبل بدء أعمال البناء، بحيث تضمن تنفيذ مشاريع البناء بشكل متواتر واقتصادي.

التحضير لعمليات البناء يجب أن يساعد في توفير جميع عناصر البناء الرئيسية في الوقت والمكان المناسبين، وبالكمية اللازمة أيضاً، وهي:

- الأيدي العاملة الخبيرة ..... Labor expert -

- مواد البناء .....Building material -

- كافة التجهيزات والمعدات.....All machinery and equipment -

3. تصنيف عمليات التشييد Classification of Construction Processes

التصنيف الأساسي لعمليات التشييد هو عبارة عن تقسيم هذه العمليات حسب مؤشرات تكنولوجية إلى عمليات **تصنيع**، عمليات **نقل**، عمليات **تحضيرية**، وعمليات **تنفيذية**.

3.1. عمليات التصنيع

هي العمليات المسؤولة عن تصنيع كافة مواد البناء اللازمة وتقديم جميع عناصر البناء النصف مصنعة والمصنعة وكافة التجهيزات والمعدات الضرورية في عملية الإنتاج وقطع التبديل اللازمة من أجل الصيانة والتخزين. هذه العمليات تنفذ عادةً في ورشات متخصصة (معامل بيتون مسلح مسبق الصنع، مجابل مركزية، ورشات حدادة... الخ).

3.2. عمليات النقل

هي العمليات المسؤولة عن نقل جميع مواد العمل والتجهيزات التقنية إلى أمكنة الإنتاج. عمليات النقل خارج موقع العمل تتم من ورشات التصنيع أو من المستودعات المركزية حتى المستودعات الخاصة بموقع التشييد أو حتى مكان التنفيذ مباشرة، ترافق عمليات النقل عادة عمليات تحميل وتفريغ وتخزين.

3.3. عمليات تحضيرية

هي العمليات التي تسبق العمليات التنفيذية والتي تؤمن تنفيذها الفعال، مثل (تجميع بعض العناصر المراد تركيبها) قبل وضعها في المكان المخصص لها.

3.4. عمليات تنفيذية

هي العمليات التي تفيد في الحصول على الناتج النهائي المطلوب وذلك عن طريق تحويل مواد البناء بحيث تأخذ الشكل والخواص المحددة لها. وهي تقسم إلى **عمليات تقنية** (فعلية) تتم تحت تأثير اليد العاملة وأدوات العمل في مواد العمل مثل تحضير الخلطة البيتونية ولا يمكن تحقيقها إلا بتوفر كافة عناصر البناء بالإضافة للزمن و**عمليات طبيعية** (ذاتية) وهي تتم تحت تأثير الظروف الطبيعية مثل تصلب البيتون، جفاف الدهان وغيره، وهي تحتاج عادة بشكل رئيسي إلى الزمن فقط.

تُصنف العمليات التنفيذية **حسب دورها في الإنتاج** إلى عمليات رئيسة (قائدة) وعمليات مرافقة (مشاركة).

العمليات الرئيسة تدخل ضمن سلسلة تكنولوجية مستمرة وهي تقود عمليات البناء بالكامل وتحدد فترة إنجاز المشروع أيضاً.

العمليات المرافقة من الناحية التنفيذية لا يمكن أن تتوسط عمليتين رئيسيتين، إنما يمكن أن تنفذ بشكل مواز. تساعد الأعمال المرافقة (بشرط التشديد على قواعد أمن العمل) بشكل كبير في اختصار فترة إنجاز المشروع.

كما تُصنف العمليات التنفيذية أيضاً **حسب درجة المكننة** أي درجة مشاركة الآليات في العملية الإنتاجية إلى عمليات ممكننة ونصف ممكننة ويدوية.

العمليات الممكننة تتميز بأن دور العمال ينحصر غالباً في قيادة وإدارة وصيانة الآليات.

العمليات النصف ممكننة تتميز عن سابقتها بأنها بالإضافة للآليات تستخدم العمل اليدوي أيضاً.

العمليات اليدوية تتم يدوياً بمساعدة المعدات الخفيفة.

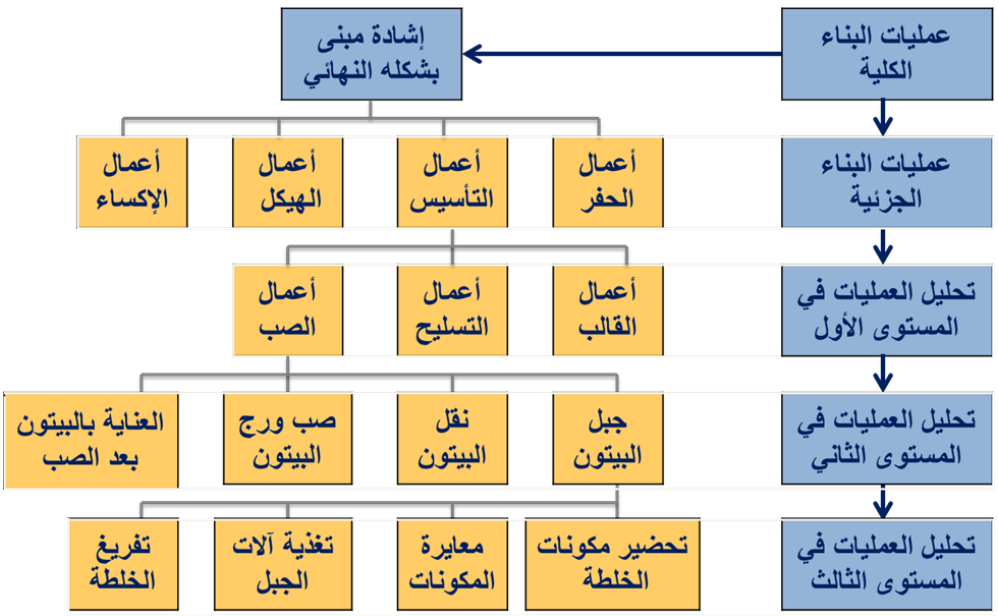
يمكن أيضاً تصنيف العمليات التنفيذية **حسب درجة الأتمتة** إلى أتمتة متكاملة وكلية وجزئية. لقد تحقق في الفترة الأخيرة نجاحات كبيرة في أتمتة المؤسسات المصنعة لمواد البناء مثل المجابل المركزية ومعامل البيتون المسبق الصنع، إلا أنه من الصعب أتمتة العمليات التنفيذية الجارية مباشرة في موقع البناء، فيما عدا برمجة عمل الروافع أو مضخات البيتون وما شابهها من الآليات.

كما يمكن تصنيف العمليات التنفيذية **حسب درجة التعقيد** إلى عمليات بسيطة وعمليات مركبة.

العمليات البسيطة: هي عبارة عن مجموعة العمليات المرتبطة مع بعضها تكنولوجياً والتي يمكن تنفيذها بوساطة عامل واحد أو مجموعة عمال ذو حرفة واحدة، مثل قص وتكسيح وجمع هياكل التسليح.

العمليات المركبة: هي عبارة عن مجموعة عمليات بسيطة تجري في وقتٍ واحد ولها علاقة تبادل فيما بينها ومرتبطة مع الناتج النهائي مثل أعمال التسليح والكوفراج.

4. التصنيف الهرمي لعمليات إنتاج البناء



الشكل( ): التصنيف الهرمي لعمليات إنتاج البناء

يعتمد هذا التصنيف على تجزئة أعمال التشييد حسب نوع العمل وحجمه وذلك من خلال تحليل كل عملية إلى العمليات الجزئية التي تتألف منها ضمن مستويات متعددة أنظر الشكل () . يساعد هذا التصنيف في:

- **تحديد كافة المواد الداخلة في عمليات البناء.**
- **اختيار التقنيات الملائمة لها.**
- **اختيار الورشات.**

5. تنظيم مكان العمل

إن تنفيذ أي عملية إنتاجية يتطلب تنظيم مكان العمل بشكلٍ جيد. ومكان العمل هو جزء من الفراغ يتحرك ضمنه العمال المشاركون في العملية الإنتاجية وهو يحتوي أيضاً على تجهيزات مختلفة وعلى مواد وأدوات العمل.

مساحة مكان العمل التي تخصص لعامل واحد أو لزمرة عمال تسمى قطاعاً، أما المساحة التي تخصص لفريق عمل كامل تسمى قسماً تكنولوجياً، أبعاد القطاع الواحد أو القسم التكنولوجي يجب أن تؤمن جبهة عمل كافية تضمن استمرارية العمل لمدة نصف وردية على الأقل دون الانتقال إلى مكان عمل جديد. ظروف جبهة العمل يجب أن تساعد في رفع الإنتاجية وأن تحقق الشروط اللازمة لأمن العمل.

6. مهنة عمال البناء

المهنة عبارة عن نشاط متواصل يحتاج إلى إعداد خاص في المعاهد المهنية وفي ورشات العمل أيضاً، نوع وصفة الأعمال المطلوب تنفيذها يحددان المهنة اللازمة (على سبيل المثال المهن المرتبطة بأعمال البيتون أو بأعمال الصحية أو.. الخ).

يمكن التمييز بين عمال البناء بحسب المهن التي يتقنونها والكفاءات التي يتمتعون بها، إلا أنه يكون لكل عامل ذي مهنة معينة اختصاص ضيق ضمن المهنة نفسها، فمثلاً مهنة أعمال البيتون المسلح تتضمن عمال متخصصين بأعمال الكوفراج والتسليح والصب. ويجري تصنيف العمال حسب درجة كفاءاتهم إلى ثلاثة مستويات:

- ❖ معلم حرفة وهو العامل الذي يتمتع بمهارات عالية في ممارسة إحدى المهن
- ❖ مساعد معلم حرفة وهو العامل الذي يتمتع بمهارات متوسطة في ممارسة إحدى المهن
- ❖ عامل عادي.

7. الإنتاجية Productivity

هي مؤشر هام جداً يعبر عن فعالية أداء العامل أو الآلية. **يتم قياس إنتاجية عامل البناء أو آلية البناء من حيث مقاييس الأداء، أي من حيث كمية المنتجات القياسية المصنعة في كل وحدة زمنية (ساعة أو وردية، وما إلى ذلك)**، على سبيل المثال يتم تقدير كمية أعمال الطينة بالمتر المربع والخرسانة المسلحة بالمتر المكعب، أما حديد التسليح والعناصر الفولاذية فيتم تقديرها بالكيلوغرام او بالطن.

8. المكننة المركبة في أعمال التشييد والتركيب
Complex Mechanization of Construction and Erection Work

تعتبر المكننة المركبة Complex mechanization في أعمال البناء والتشييد عاملاً هاماً في صناعة البناء وعنصرا أساسيا في زيادة إنتاجية العمل.

المكننة المركبة تعني تنفيذ جميع عمليات البناء الرئيسية والمساعدة بواسطة الآليات الرئيسة من جهة والآليات المساعدة والأجهزة الميكانيكية الصغيرة المناسبة لعمل هذه الآليات الرئيسة من ناحية المستوى التقني والإنتاجية من جهة أخرى.

ينبغي أن تضمن المكننة المركبة في التشييد مستوىً متميزاً من أعمال البناء وأن تقود إلى أداء أفضل من حيث الإنتاجية وتكلفة أعمال التشييد.

9. تنظيم الإنتاج في التشييد Organization of production in construction

يتطلب تنظيم البناء إعداد المخططات التكنولوجية بهدف إظهار كيف يجب أن يتطور البناء زمنياً وفي الفراغ المحدد له. تنظيم عملية البناء يعني تقسيم المباني والمهام لأقسام وقطاعات عمل حيث يقوم العمال بتنفيذ البناء بتسلسل تكنولوجي ومنطقي. يفضل تقسيم المباني والمهام إلى أقسام وقطاعات متساوية لتسهيل التنفيذ، (إلا أن ذلك لا يكون ممكن دائماً) وذلك وفق الطرق التالية:

9.1. طريقة التنفيذ المتسلسل The method of Sequential implementation

إن طريقة التنفيذ المتسلسل تقوم على أساس تقسيم المشروع إلى عدة أقسام تكنولوجية، حيث يتم تنفيذ إعمال التشييد في هذه الأقسام على التسلسل، إي أن يتم الانتهاء أولاً من تنفيذ جميع أعمال التشييد اللازمة في القسم التكنولوجي الأول، ومن ثم الثاني والثالث ...إلخ (أنظر الشكل)

زمن التشييد بهذه الطريقة كبير نسبياً بالمقارنة مع الطرائق اللاحقة، وهو:

$$T = M.Te$$

حيث:

Te - الزمن اللازم لتنفيذ جميع أعمال التشييد في القسم التكنولوجي الواحد.

M - عدد الأقسام التكنولوجية في المشروع.

التنفيذ بهذه الطريقة لا يتطلب كميات كبيرة من الموارد والتمويل خلال فترات تنفيذ قصيرة نسبياً، حيث تكون كثافة الموارد أو التمويل خلال زمن التنفيذ:

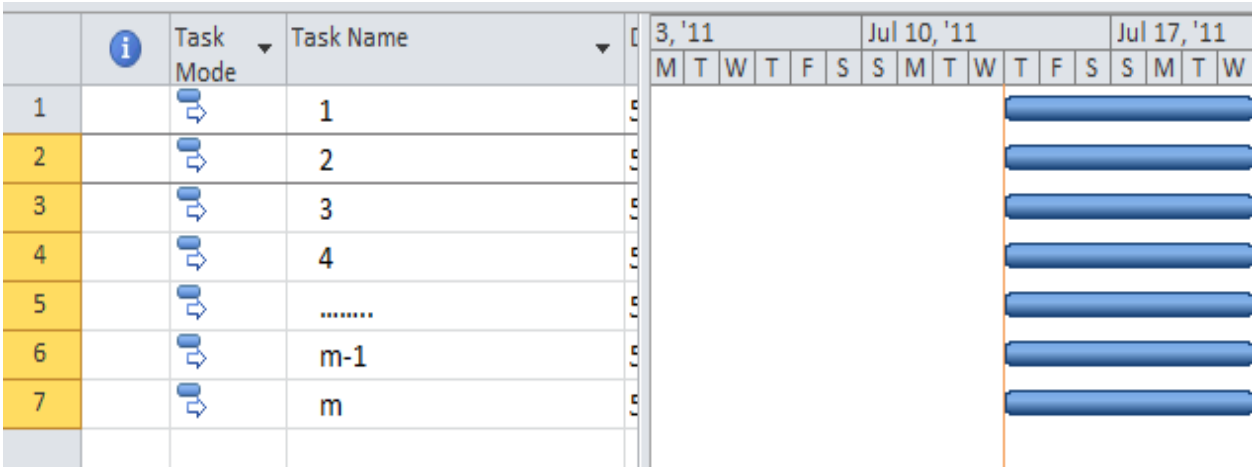
$$D = R / T$$

حيث:

R - الاستهلاك الإجمالي من الموارد اللازمة لتنفيذ جميع أعمال البناء في M قسم تكنولوجي .

T – الزمن اللازم لتنفيذ جميع أعمال البناء في M قسم تكنولوجي.

9.2. طريقة التنفيذ المتوازي Method of parallel execution



إن طريقة التنفيذ المتوازي تقوم على أساس تقسيم المشروع إلى عدة أقسام تكنولوجية، حيث يتم الانتهاء من تنفيذ جميع أعمال التشييد اللازمة في جميع الأقسام التكنولوجية بشكل متزامن، (أنظر الشكل).

زمن التشييد بهذه الطريقة قصير نسبياً بالمقارنة مع بقية الطرائق، وهو:

$$T = Te$$

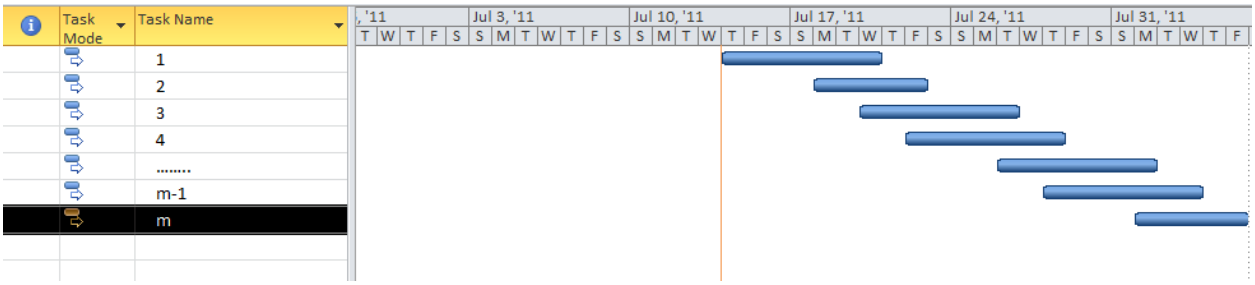
حيث:

Te - الزمن اللازم لتنفيذ جميع أعمال التشييد في القسم التكنولوجي الواحد.

التنفيذ بهذه الطريقة يتطلب كميات كبيرة من الموارد والتمويل، حيث تكون كثافة الموارد أو التمويل خلال زمن التنفيذ:

$$D = R / Te$$

9.3. طريقة التنفيذ المتتابع Method of successive implementation



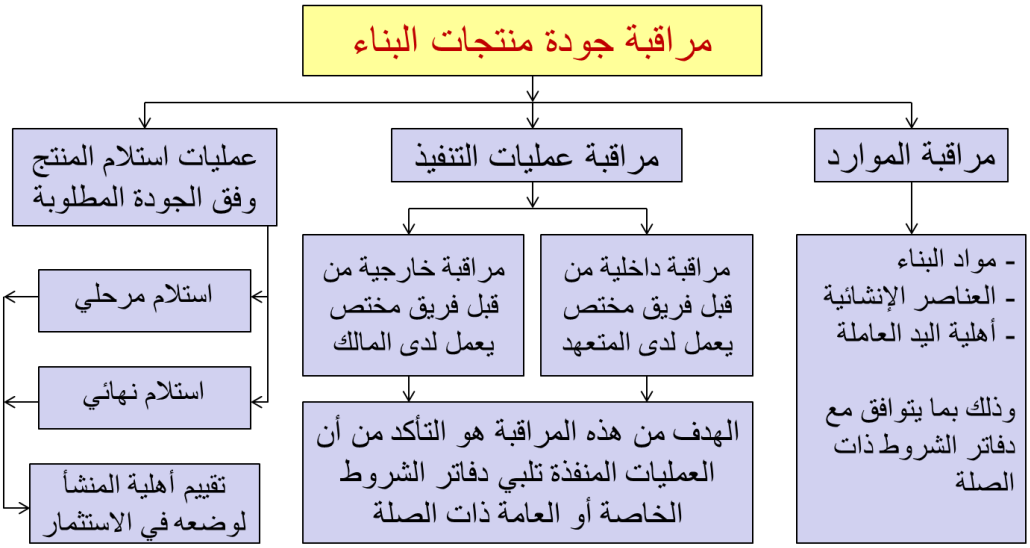
إن طريقة التنفيذ المتتابع تقوم أيضاً على أساس تقسيم المشروع إلى عدة أقسام تكنولوجية، حيث يتم الانتهاء من تنفيذ جميع أعمال التشييد اللازمة في جميع الأقسام التكنولوجية بواسطة مجموعات متخصصة أو ورشات بشرط أن يكون عمل هذه المجموعات متداخلاً زمنياً لأقصى حد ممكن.

طريقة التنفيذ المتتابع تتطلب تقسيم جميع النشاطات التكنولوجية إلى عدد N من النشاطات المتداخلة والمتساوية إن أمكن ذلك (النشاطات المختلفة)، على سبيل المثال: تنفيذ الأساسات، الجدران، البلاطات، السقف وأعمال الإكساء.

طريقة التنفيذ المتتابع تسمح بتنفيذ الأعمال المتشابهة بطريقة التنفيذ المتسلسل والأعمال المختلفة بطريقة التنفيذ المتوازي.

تحتاج هذه الطريقة إلى زمن تشييد أقل من الزمن المطلوب في التنفيذ المتسلسل وموارد أقل من الموارد المطلوبة في التنفيذ المتوازي خلال واحدة الزمن.

10. مراقبة الجودة Quality Control



الشكل ():

هي مجموعة الإجراءات التي يجب القيام بها خلال جميع مراحل التشييد والتي تؤدي بنتيجتها إلى الحصول على المنتج المطلوب، حيث تعطي مراقبة الجودة الثقة بأن أعمال التشييد قد تمت وفق المخططات تماماً وحسب دفاتر الشروط الفنية والحقوقية ذات الصلة. يبيّن الشكل () أن إجراءات الجودة تبدأ من مراقبة الموارد مروراً بمراقبة أعمال التنفيذ وانتهاءاً بعمليات استلام المنتج وفق الجودة المطلوبة. كما يتبين أيضاً أن مراقبة الجودة يجب أن تتم بالمشاركة بين فريق يعمل لدى المتعهد وفريق مختص يعمل لدى المالك بالإضافة إلى إمكانية وجود رقابة من قبل السلطات المحلية المختصة أيضاً وذلك للتأكد من صحة تنفيذ المشروع وفق المخططات التي بموجبها حصل المالك على كافة التراخيص اللازمة للبناء من قبل هذه السلطات.